



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

KELY CRISTINA PACHECO GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA EM DOIS
PONTOS DE ALAGAMENTOS DA CIDADE DE MACAPÁ (AP): CANAL DO
JANDIÁ E CANAL DAS PEDRINHAS**

MACAPÁ
2023

KELY CRISTINA PACHECO GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA EM DOIS
PONTOS DE ALAGAMENTOS DA CIDADE DE MACAPÁ (AP): CANAL DO
JANDIÁ E CANAL DAS PEDRINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do curso de Ciências Ambientais, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karina Cardoso Valverde

MACAPÁ
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

G924 Guedes, Kely Cristina Pacheco.
Caracterização físico-química e microbiológica da água em dois pontos de alagamentos da cidade de Macapá (AP): canal do jandiá e canal das pedrinhas / Kely Cristina Pacheco Guedes. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 50 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2023.
Orientadora: Karina Cardoso Valverde.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Caracterização da água de alagamento. 2. Drenagem urbana. 3. Riscos ambientais e à saúde - Saneamento básico. I. Valverde, Karina Cardoso, orientadora. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 363.72

GUEDES, Kely Cristina Pacheco. **Caracterização físico-química e microbiológica da água em dois pontos de alagamentos da cidade de Macapá (AP): canal do jandiá e canal das pedrinhas.** Orientadora: Karina Cardoso Valverde. 2023. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

KELY CRISTINA PACHECO GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA EM DOIS
PONTOS DE ALAGAMENTOS DA CIDADE DE MACAPÁ (AP): CANAL DO
JANDIÁ E CANAL DAS PEDRINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Ciências Ambientais da
Universidade Federal do Amapá, como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Ambientais.

Data de Aprovação: _____/_____/_____

Prof^ª. Dr^ª. Karina Cardoso Valverde

Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Géssica Zila Batista dos Santos

Avaliadora

Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz

Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, por ter me dado a oportunidade de cursar a graduação em Ciências Ambientais e ter me dado forças para concluir em meio a tantas lutas.

Agradeço à minha família, por ter me dado forças para não desistir dos meus sonhos.

Agradeço às minhas amigas de curso, Elizete Duarte, Francly Sanches e Jessica Melo, por terem me incentivado nessa jornada, acreditarem em mim e pelas suas orações. De modo geral, agradeço a todos meus amigos, pela força e pelo incentivo.

Agradeço, em especial, ao Prof. Dr. Eldo Silva dos Santos, por acreditar em mim, pelo incentivo mesmo quando queria desistir do pré-projeto. Sempre esteve ao meu lado, me dando forças.

Agradeço à Prof^ª. Dr^ª. Karina Cardoso Valverde, minha orientadora, pela confiança, por me incentivar a não desistir do meu sonho. Você professora, foi mandada por Deus para me orientar nessa jornada de conclusão de curso. Agradeço a ele pela sua vida.

Agradeço à Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Chelala, por incentivar a todos da turma de TCC II a prosseguir com seus sonhos de conclusão de curso, pelas mensagens de *Whatsapp* no grupo de motivação, passando sempre energias boas e positivas para seus alunos.

Meus agradecimentos ao Paulo Gibson Farias Bezerra, técnico do Laboratório de Química e Saneamento Ambiental do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, pela colaboração nas análises. Mesmo fora de seu horário de trabalho, não estava em me responder pelo *Whatsapp*. Obrigada por tudo.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA EM DOIS PONTOS DE ALAGAMENTOS DA CIDADE DE MACAPÁ (AP): CANAL DO JANDIÁ E CANAL DAS PEDRINHAS

Autora: Kely Cristina Pacheco Guedes

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karina Cardoso Valverde

Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais

Macapá, 24 de abril de 2023

RESUMO

O uso e ocupação do solo, de modo desordenado no Brasil, implica em sérios problemas socioambientais. A falta de um plano diretor no desenvolvimento urbano das cidades, somado a ocupação de áreas inadequadas próximas a mananciais, canais e áreas úmidas, além da ineficiência do saneamento básico, trazem sérios problemas, dificultando a drenagem de águas pluviais e causando poluição. Destacam-se ainda os impactos na saúde da população, devido às doenças de veiculação hídrica; e os impactos ao meio ambiente, afetando diretamente os corpos hídricos. Além disso, as chuvas intensas aumentam a frequência de alagamentos, principalmente para a população que vive em locais próximos aos canais do município de Macapá. Assim, esse estudo propõe realizar a caracterização físico-química e microbiológica em dois pontos de alagamentos da cidade de Macapá: o canal do Jandiá e o canal das Pedrinhas, a fim de avaliar se os parâmetros de qualidade se enquadram nos valores máximos permitidos na legislação vigente, assim como mencionar os possíveis riscos ambientais e à saúde da população. A caracterização da água de estudo foi realizada por meio dos seguintes parâmetros de qualidade: condutividade elétrica, cor, cloreto, dureza total, ferro, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). As análises de: condutividade elétrica, cor, ferro, oxigênio dissolvido, turbidez, coliformes totais e *E. coli*, evidenciaram que a qualidade da água está em desacordo com a legislação vigente para águas de classe 2, confirmando que o ambiente está impactado de forma negativa, possivelmente devido ao lançamento de resíduos sólidos e esgoto doméstico nos canais. Esses fatores contribuem para diversos riscos à saúde da população, com consequências diretamente relacionadas à doenças de veiculação hídrica, e problemas ao meio ambiente, como a poluição dos canais.

Palavras-Chave: Caracterização da água de alagamento; Drenagem urbana; Riscos ambientais e à saúde; Saneamento básico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa do Estado do Amapá	15
Figura 2: Canais de macrodrenagem no município de Macapá	22
Figura 3: Alagamento no núcleo urbano de Macapá em 2019	24
Figura 4: Canal do Jandiá	26
Figura 5: Canal das Pedrinhas	27
Figura 6: Ponto de escoamento no canal das Pedrinhas	28
Figura 7: Ponto de coleta das amostras no canal do Jandiá	32
Figura 8: Ponto de coleta das amostras no canal das Pedrinhas	33
Figura 9: Local de coleta no canal do Jandiá	34
Figura 10: Local de coleta no canal das Pedrinhas	34
Figura 11: Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas e microbiológicas	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coleta e tratamento de esgoto nas regiões brasileiras no ano de 2021	20
Quadro 2: Consequências ambientais e socioeconômicas dos desastres hidrológicos	26
Quadro 3: Local, data e horário da coleta e altura da maré	34
Quadro 4: Parâmetros de qualidade, métodos de análise, VMP e unidades de medida	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados obtidos para os parâmetros de qualidade avaliados	39
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ALCMS: Área de Livre Comércio de Macapá e Santana

AP: Amapá

Ca²⁺: cálcio

CaCl₂: cloreto de cálcio

CaCO₃: carbonato de cálcio

CAESA: Companhia de Água e Esgoto do Amapá

CEBDS. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

Cl⁻: cloreto

CO₂: gás carbônico

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

E. coli: *Escherichia coli*

ETA: estação de tratamento de água

Fe: ferro

H⁺: íon hidrogênio

HCO₃⁻: bicarbonato

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEPA: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

ITB: Instituto Trata Brasil

km: quilômetro

km²: quilômetro quadrado

M: molar (mol por litro)

m²: metro quadrado

Mg²⁺: magnésio

MgCl₂: cloreto de magnésio

mg/L: miligramas por litro

mg Pt/L: escala de platina/cobalto por litro

N: nitrogênio

NaCl: cloreto de sódio

NH₃: amônia

NH₃-N: nitrogênio amoniacal

NH_4^+ : íon amônio

NMP/100 mL: número máximo permitido por 100 mililitros

O_2 : oxigênio

OD: oxigênio dissolvido

OH^- : íon hidróxido

P: fósforo

PA: Pará

PE: Pernambuco

pH: potencial hidrogeniônico

PMM: Prefeitura Municipal de Macapá

PR: Paraná

SEMA/AP: Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SP: São Paulo

TFA: Território Federal do Amapá

UNIFAP: Universidade Federal do Amapá

UNT: unidade nefelométrica de turbidez

VMP: valores máximos permitidos

$\mu\text{S/cm}$: micro-Siemens por centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 História de Macapá	16
3.2 Problemas Ambientais em Macapá	18
3.3 Saneamento Básico no Brasil	19
3.3.1. Saneamento Básico em Macapá	21
3.3.1.1 Drenagem Urbana	21
3.4 Alagamentos em Macapá	23
3.5 Canal do Jandiá	26
3.6 Canal das Pedrinhas	27
3.7 Características Físico-Químicas e Microbiológicas da Água	29
3.7.1 Análises Físico-Químicas da Água	29
3.7.2 Análises Microbiológicas da Água	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 Área de Estudo	33
4.2 Coleta de Dados	34
4.3 Caracterização Físico-química e Microbiológica das Amostras	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto histórico de uso e ocupação do solo no Brasil, pode-se dizer que houve uma intensificação desse processo nos grandes centros urbanos por volta de 1950, com a aceleração industrial no país, período em que muitas famílias saíram do campo para a cidade à procura de novas oportunidades, causando assim um êxodo rural que teve como consequência um aumento da população urbana (GROSTEIN, 2001).

Na metade do século XX, já haviam 12 regiões metropolitanas e 37 aglomerações urbanas não-metropolitanas com uma concentração de mais de 40% da população do país, cidades como Recife (PE), Curitiba (PR), São Paulo (SP) e Belém (PA). Com o crescimento dos grandes centros urbanos há uma competição desigual entre as regiões, gerando diferenças econômicas, sociais e na dispersão urbana para áreas mais afastada (GROSTEIN, 2001; CRISPIM et al., 2014).

A região norte teve um grande fluxo populacional entre os anos 2000 e 2010. Fazendo uma análise cronológica, o Amapá manteve o equilíbrio de sua população urbano e rural entre os anos 1960 até 1980, a partir de 1991 a 2010 o número de pessoas morando em áreas urbanas era bem mais significativo que nas áreas rurais (SOUZA, 2014).

A falta de um plano diretor na construção e desenvolvimento das cidades, a ausência do estado e do município na construção urbana contribuem para problemas socioambientais e para a ineficiência de serviços básicos como: coleta de lixo, abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, aliado despejo incorreto dos resíduos domésticos, que traz como consequência o aumento da poluição do solo e da água (GROSTEIN, 2001; CRISPIM et al., 2014).

A ocupação do solo sem planejamento aumenta casos enchentes, inundações e alagamentos, pois não há um sistema de drenagem minimamente adequado de águas pluviais. Fatores secundários podem contribuir para que tais eventos ocorram, como, por exemplo: os desníveis de pista que formam verdadeiras depressões, e pavimentações malfeitas que dificultam o escoamento das águas pluviais pelo sistema de drenagem (BRAGA, 2016; SANTOS, RUFINO e BARROS FILHO, 2017).

Assim, a falta de planejamento urbano e a ocupação desordenada, principalmente nas áreas periféricas, contribuem para a alteração da dinâmica

natural do escoamento das águas dos canais e das áreas úmidas com ocupação irregular. Desse modo, pode-se considerar que a construção de casas próximas aos canais, sem levar em consideração o ciclo hidrológico da cidade, prejudica o escoamento das águas pluviais (SOARES, 2018).

De acordo com Bastos (2010), o período chuvoso em Macapá ocorre entre os meses de dezembro e agosto, podendo ocorrer fortes chuvas com grandes volumes de água. A ocupação inadequada do aterramento de áreas úmidas, despejo de lixo nos sistemas de drenagem contribuem para acúmulo de água e proliferação de doenças (NERI, 2004), assim como o despejo de esgoto nos corpo hídricos de modo clandestino prejudica toda a vida aquática (GANDRA et al., 2020).

Pode-se afirmar então, que esse cenário caótico nos meses chuvosos favorece a ocorrência dos alagamentos no perímetro urbano, trazendo inúmeros transtornos à população, perturbações no trânsito e prejuízos materiais para a população, que eventualmente têm seus estabelecimentos ou casas invadidos por esta água. Também é importante destacar as doenças de veiculação hídrica que podem ser ocasionadas pelo contato com essa água de alagamento.

Sendo assim, esse estudo vem responder a seguinte pergunta: “Quais as características físico-química e microbiológica da água em dois pontos que possuem uma ocorrência anual de alagamentos na área urbana da cidade de Macapá?”, e “Quais os riscos para o meio ambiente a que a população está exposta ao entrar em contato com essa água?”

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Caracterizar a água em dois pontos de alagamentos da cidade de Macapá: Canal do Jandiá e Canal das Pedrinhas, através de análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar se as características físico-químicas e microbiológicas da água nos dois pontos de alagamento, em maré alta, estão de acordo com padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.
- Identificar os possíveis riscos ambientais e à saúde da população, associados às características da água nos pontos de alagamento.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 História de Macapá

Macapá é a capital do estado do Amapá (AP), e está localizada à margem esquerda do rio Amazonas no extremo norte do Brasil, conforme demonstra a Figura 1. De acordo com Tostes e Feijão (2018), a fundação de Macapá (AP) foi em 1758, e pertencia ao estado do Pará (PA). Com a criação da Fortaleza de São José em 1764, passa por um processo de colonização incentivado pelo governo. Em 1790, possuía 2.532 habitantes. É importante destacar que mesmo no período da atividade da extração da borracha, Macapá recebeu em 29 anos, apenas 18 habitantes. Em 1820, a população estimada era de ainda 10.601 habitantes.

Figura 1: Mapa do Estado do Amapá



Fonte: Rotas Brasil (2023)

Em 1943, houve a criação do Território Federal do Amapá (TFA). Em 1988, o Amapá deixa de ser território e passa a ser o estado do Amapá. A partir desse momento histórico, o município passa a ser um atrativo para a população, com a

implementação da mineração de manganês em 1950 e criação e implantação da Área de Livre Comércio de Macapá e Santana (ALCMS) (TOSTES e FEIJÃO, 2018).

Segundo Tostes e Ferreira (2018a), a partir de 1992, Macapá passa a receber um elevado número de habitantes vindo de diversas partes do país à procura de novas oportunidades de trabalho, pois além da ALCMS, o Estado vivia a era da mineração.

Souza (2014) considera que o estado do Amapá experimentou um processo de urbanização tardia que se intensificou nas três últimas décadas e como principal reflexo apresenta um alto grau de deficiência de estruturas urbanas necessárias a uma melhor qualidade de vida de sua população.

Todo esse histórico contribuiu para o desenvolvimento do município. De acordo com os últimos dados, do ano de 2021, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Macapá possui uma população estimada com 522.357 habitantes e uma área territorial de 6.563,849 km² (IBGE, 2022).

Ao longo de sua construção, Macapá se expandiu e possui atualmente 57 bairros, todos cobertos pela bacia do Igarapé da Fortaleza que sofre influência direta do rio Amazonas. Essa bacia cobre os municípios de Macapá e boa parte de Santana, os dois mais populosos do estado, além de ser a principal receptora e transportadora das águas pluviais (VIEGAS et al., 2021).

O rio Amazonas possui fins múltiplos, dentre os quais pode-se destacar: a navegação, o abastecimento de água para o sistema de captação da Concessionária de Saneamento do Amapá (CSA), a drenagem de águas pluviais e o lançamento de esgoto doméstico (DAMASCENO et al., 2015).

Destaca-se também que, no perímetro urbano de Macapá, se encontram cinco canais de escoamento diretamente ligados ao rio Amazonas, onde tributam suas cargas de drenagem, sendo eles: canal do Jandiá, canal do Perpétuo Socorro, canal da Mendonça Júnior, canal do Santa Inês e canal das Pedrinhas (SANTOS, 2017).

A escolha dos 2 canais para este trabalho se deu pela importância que o canal do Jandiá e o canal das Pedrinhas exercem sobre o município de Macapá. Ambos são utilizados por pequenas embarcações que fornecem madeira e outros produtos que fomentam a economia local. Também fazem parte do sistema de

macrodrenagem e vêm sofrendo com a ação da ocupação desordenada (DAMASCENO et al., 2015; TUNARI, 2015).

Para Damasceno et al. (2015) o município de Macapá está com a qualidade de seus corpos hídricos comprometida devido a ação antrópica. Parte da população urbana da capital vive em áreas desestruturadas, conhecidas como áreas úmidas, que trazem inúmeros problemas ambientais para o município.

3.2 Problemas Ambientais em Macapá

Segundo Costa, Maneschy e Canto (2022), o avanço das cidades têm ocorrido, na maioria dos casos, de modo desorganizado e sem o devido planejamento, gerando cidades dispersas, de baixa densidade e com sérios problemas sociais e ambientais.

Tostes e Ferreira (2018b) consideram que, com o aumento populacional acima do esperado, Macapá passa a ter problemas de uso e ocupação do solo e do espaço urbano, dando origem a uma série de problemas ambientais, principalmente pela ineficiência ou ausência de serviços saneamento básicos, como coleta de lixo e tratamento e fornecimento de água potável.

De acordo com Bastos (2010), o processo de expansão do espaço urbano da capital amapaense ocorreu através da invasão de áreas de ressacas em locais inadequados para a construção de moradias, e nos perímetros urbanos, em geral, através da ocupação do solo com construções desordenadas, sem o devido planejamento.

Tostes e Ferreira (2018b) destacam que essa ocupação e construção de moradias em áreas de ressacas, próximas a canais, gerou uma série de impactos ambientais negativos, como o descarte de lixo doméstico diretamente nesses ambientes, contaminando o solo e poluindo os mananciais.

De acordo com Oliveira et al. (2016) a ocupação irregular dos canais influenciam no aumento superficial da água aumentando a vazão desses canais. Outro problema são os efluentes lançados nos corpos hídricos que diminui a qualidade da água e reduz a capacidade de autodepuração devido a baixa vazão dos canais na estação seca.

A eutrofização dos corpos hídricos destaca-se como um problema ambiental

que diminui a qualidade do ambiente e está relacionada ao uso e ocupação do solo e ao lançamento de efluentes nos rios e lagos. O aumento do fósforo (P) e nitrogênio (N) na água ocasiona o surgimento de certas algas e plantas, como as macrófitas, que prejudicam a navegação e a capacidade de transporte hídrico, e a superpopulação de bactérias heterotróficas no ambiente, que se alimentam desses nutrientes e da matéria orgânica carbonácea em decomposição, diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido no meio, causando a morte dos peixes (VON SPERLING, 2014).

Entre outros problemas ambientais resultantes dessa ocupação desordenada, pode-se considerar: a retirada da vegetação nativa do ambiente resultando em processos erosivos; inundações e enchentes em áreas aterradas; desequilíbrio ocasionado pela ação antrópica, como excesso de sedimentação e a retenção da capacidade hídrica no ambiente (AVELAR e SANTOS, 2017).

Macapá sofre as consequências da falta de planejamento urbano e ausência de saneamento básico, impactando a qualidade de vida da população. Destacam-se a falta de serviços básicos, tais como: o fornecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a coleta de lixo ineficiente, drenagem inadequada das águas pluviais são fatores que trazem sérios problemas ambientais e sociais ao município (BASTOS, 2010).

3.3 Saneamento Básico no Brasil

O novo marco legal do saneamento, descrito pela Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), apresenta no Artigo 3 a definição de saneamento básico como o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

- “a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final

ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e
 d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.”

De acordo com o Instituto Trata Brasil (ITB) e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), em uma comparação a nível internacional, o Brasil ocupa a 112ª posição em um *ranking* de saneamento básico no conjunto de 200 países. Ainda segundo a pesquisa, o Brasil é a sétima maior economia do mundo e mesmo assim está em posição inferior a países como: Equador, Chile, Honduras e Argentina (ITB, 2022; CEBDS, 2023).

O Brasil tem uma população estimada de 213.317.639 habitantes, desse total 15,8% da população não possui acesso a água tratada, 44,2% sem coleta de esgoto e 51,2% não é assistida com esgoto tratado (ITB, 2021). As desigualdades regionais influenciam diretamente nos dados descritos acima, vislumbrando como a qualidade de vida dos brasileiros é afetada nos aspectos da educação, saúde e saneamento básico (LEONETI, PRADO e OLIVEIRA, 2011).

Em uma análise dentro dos aspectos regionais, conforme pode ser observado no Quadro 1, a região Norte e Nordeste possuem os piores índices de saneamento básico, no que diz respeito à população sem acesso à água e coleta de esgoto.

Quadro 1: Coleta e tratamento de esgoto nas regiões brasileiras no ano de 2021

Regiões	População sem acesso à água	População sem coleta de esgoto
Norte	40,0%	86,0%
Nordeste	25,3%	69,8%
Sudeste	8,5%	18,3%
Sul	8,6%	51,6%
Centro-Oeste	10,1%	38,1%

Fonte: Adaptado de SNIS (2021a); SNIS (2021b)

Segundo Oliveira et al. (2021), a não prestação de serviços básicos afeta não só a saúde da população, como o crescimento econômico.

3.3.1 Saneamento Básico em Macapá

As atualizações mais recentes sobre os dados de saneamento básico na capital Macapá, publicados pelo Instituto Trata Brasil (ITB), apontam que 62,4% da população ainda não tem acesso a água tratada, e 89,2% não possui coleta de esgoto (ITB, 2022).

Pode-se considerar então que, a oferta precária dos serviços básicos como a coleta de esgoto, faz com que a maioria da população construa fossas negras rasas para armazenamento de seus resíduos de esgotos sanitários, contaminando assim os mananciais da bacia do Igarapé da Fortaleza (BASTOS, 2010).

Na parte urbana, há um sistema de drenagem das águas pluviais e um sistema coletor de esgoto sanitário, porém, se encontram em precárias condições e com instalações antigas e sobrecarregadas, contribuindo para os problemas de inundações e alagamentos nos perímetros urbanos de Macapá (BASTOS, 2010).

Nos bairros em que existe a rede de drenagem, há ligações clandestinas de esgotos domésticos, dando continuidade a contaminação e poluição dos rios, lagos e canais, que funcionam como transportadores naturais das águas pluviais (VIEGAS et al., 2021).

3.3.1.1 Drenagem Urbana

A urbanização desordenada no Brasil torna o solo menos permeável, prejudicando o escoamento das águas. Somado a esse aumento populacional urbano surgem diversos problemas socioambientais e parte da população se dispersa para áreas periféricas, ocupando os mananciais e rios, ficando expostas a situações de inundações e alagamentos (TUCCI, 2003).

Para Canholi (2005) a importância da drenagem urbana se dá na alocação dos espaços, com necessidade de implementação de serviços hidráulicos que facilitem o esgotamento da água, por meio da revisão dos sistemas de drenagem, para que possa aumentar os níveis de escoamento e reduzir o número de enchentes, alagamentos e inundações, evitando assim o contato direto da população com essa água além de possíveis doenças como a leptospirose.

A ausência ou a falta do sistema de drenagem trazem inúmeras consequências sociais e econômicas, por isso a necessidade do planejamento de drenagem urbana através dos planos diretores, obras de infraestrutura e planejamento urbano de forma conjunta entre os estados e municípios (CANHOLI, 2005).

Nesse contexto, Braga (2016) cita que:

“[...] muitas cidades desenvolveram suas malhas urbanas ao longo dos leitos dos rios colocando em risco populações que periodicamente, em consequência de chuvas intensas e concentradas, sofrem problemas com as inundações e/ou com acúmulo de águas pluviais nas vias urbanas”.

Nos períodos de chuvas é comum à ocorrência de pontos de alagamentos nas cidades, em parte devido a ausência ou ineficiência de um sistema de drenagem das águas pluviais, que somando ao entupimento das bocas de lobo, obstrução de galerias, córregos e canais que são transportadores naturais da água da chuva, contribuem negativamente para um número maior de pontos de alagamentos (SOARES, 2018).

As chuvas intensas em um curto intervalo de tempo e/ou precipitações acima do normal, aumentam o risco e a frequência de alagamentos para a população que vive em áreas baixas e próximas aos canais. Macapá apresenta clima quente úmido e apenas dois períodos de estação: um chuvoso, entre os meses de dezembro a julho; e um não chuvoso, entre os meses de agosto a novembro (VIEGAS et. al., 2021; TAVARES, 2014).

A Figura 2 apresenta os canais de macrodrenagem de Macapá, representados por letras, e os bairros, representados por números, sendo: (A): canal do Jandiá; (B): canal do Perpétuo Socorro; (C): canal da Mendonça Júnior; (D): canal do Santa Inês; (E): Canal das Pedrinhas, e os bairros: (1) São Lázaro; (2) Pantanal; (3) Pacoval; (4) Cidade Nova; (5) Jandiá; (6) Jesus de Nazaré; (7) Laguiho; (8) Perpétuo Socorro; (9) Santa Rita; (10) Centro; (11) Buritizal; (12) Trem; (13) Beiril; (14) Santa Inês; (15) Muca; (16) Jardim Equatorial; (17) Pedrinhas; (18) Araxá; e (19) Marco Zero (TUNARI, 2014).

Figura 2: Canais de macrodrenagem no município de Macapá



Fonte: TUNARI (2015); adaptada de satélite *Google Earth*

3.4 Alagamentos em Macapá

De acordo com Oliveira, Less e Oliveira Filho (2016), com base nos dados fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA), Macapá possuía 48 bairros e apenas 7 com uma rede de microdrenagem de águas pluviais, enquanto 5 bairros ainda se encontravam em processo de implementação do sistema. Ou seja, as maiorias dos bairros do município não possuem um sistema de drenagem de águas pluviais.

Na última atualização da Prefeitura Municipal de Macapá (PMM), oficializou-se 36 novos bairros no município, totalizando assim 64 bairros em Macapá (PMM, 2021).

Oliveira, Costa e Pereira (2017) citam que:

“O crescimento demográfico da cidade de Macapá proporcionou a expansão da malha urbana, gerando bairros bem estruturados, mal estruturados e aqueles que não possuem nenhuma forma de infraestrutura. Nesse contexto percebe-se falta de preparo quanto aos governos que acompanharam esse crescimento urbano, pois não se fomentou uma política que ampare ou alcance as expectativas de uma formação urbana bem definida, que ofereça recurso mínimo eficiente. Torna-se consequência óbvia a fuga para as áreas de ressaca pela classe de renda baixa, e a fuga para a periferia burguesa, bem estruturada, pela classe média e alta”.

Sousa, Cunha e Cunha (2021) consideram que Macapá possui atualmente 28 pontos de áreas de risco suscetíveis a alagamentos, eventos estes que acontecem principalmente nos períodos chuvosos, entre os meses de dezembro a julho. Desse total, 82,14% está classificada em algum nível de risco, sendo: 14,29% como risco baixo, 25,00% como risco médio, e 60,71% como risco alto, sujeito a alagamento.

Os alagamentos causam grandes transtornos para as pessoas, principalmente nos locais em que esses eventos ocorrem com mais frequência, levando os moradores a entrarem em contato com essa água, causando danos e perdas materiais e problemas de saúde (SOARES, 2018).

O volume de chuvas intensas em algumas áreas aumenta o índice de casos de doença de veiculação hídrica, pois ocorre o transbordamento de canais e rios, que se juntam aos vários tipos de esgotos domésticos, invadindo as residências, contaminando seus poços e elevando assim o número de doenças como: diarreias, verminoses, doenças de pele, conjuntivites, leptospirose e esquistossomose (CESA e DUARTE, 2014).

Segundo Dozsa et al. (2014), há uma relação entre o aumento de caso de caso de leptospirose nos períodos de alagamentos, reforçando um dos reais perigos à saúde pública.

Ainda nesse contexto, os problemas podem ir além, pois nas áreas em que ocorrem os alagamentos, pode haver a contaminação dos lençóis freáticos e por consequência interferir na qualidade de água dos poços (VIEGAS et al., 2021), que são bastante utilizados pela população para abastecimento de água em Macapá.

A Figura 3 corresponde a um ponto de alagamento frequente em Macapá, localizado na rua Adilson Pinto Pereira, no bairro Pacoval.

Figura 3: Alagamento no núcleo urbano de Macapá em 2019



Fonte: Sousa, Cunha e Cunha (2021)

Assim, os impactos em uma área urbana desestruturada e próxima ao canal, a ocupação do solo desordenado saturando as áreas de ressacas, a construção de vias mal planejadas, a ineficiência dos sistemas de drenagem, contribuem ainda mais, para a exposição da população, que entra em contato direto com essa água contaminada.

De acordo com o boletim epidemiológico do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), os problemas provocados por desastres hidrológicos, como alagamentos, trazem diversas consequências ambientais e socioeconômicas, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2: Consequências ambientais e socioeconômicas dos desastres hidrológicos

Desastres hidrológicos	Consequências ambientais	Consequências Socioeconômicas
<ul style="list-style-type: none"> - Inundações; - Alagamentos; - Enxurradas; - Chuvas intensas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminação biológica e química da água para consumo humano, alimentos e solo; - Comprometimento da rede e fontes alternativas de abastecimento de água; - Comprometimento da rede de serviço de coleta e tratamento de esgoto; - Comprometimento dos serviços de coleta e disposição do lixo; - Alteração nos ciclos dos vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças e nas formas de exposições ambientais dos humanos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interrupção total ou parcial de pontes, ruas e estradas por inundação ou destruição; - Rompimento de diques de contenção; - Rompimento de tanques de combustíveis; - Interrupção do fornecimento de serviços de água, eletricidade, gás, transporte e comunicação; - Interrupção total ou parcial do funcionamento de escolas, comércio, serviços funerários, serviços de saúde e outros; - Comprometimento total ou parcial das atividades agrícolas e pecuárias; - Prejuízos econômicos pela destruição total ou parcial de propriedades, casas e construções; - Prejuízos econômicos pela destruição total ou parcial das fontes de renda e trabalho; - Perdas de bens pessoais e de valor sentimental; - Rompimento ou fortalecimento da amizade, cooperação e laços afetivos entre os membros de uma comunidade afetada.

Fonte: Brasil (2017)

3.5 Canal do Jandiá

Segundo Cardoso et al. (2015), o canal do Jandiá possui uma extensão de cerca de 4,2 km, abrangendo os bairros: Pacoval, São Lázaro e Cidade Nova de Macapá, e desemboca direto no rio Amazonas. Sua área total é de 2.380.156,25 m². O canal faz parte do sistema de drenagem dos bairros: Santa Rita, Jesus de Nazaré e Laguiho (SANTOS, 2017; PIKANÇO, 2018).

A foz do canal comporta um porto de pequeno porte por onde são transportadas mercadorias que abastecem o comércio local (SANTOS, 2017).

Santos (2017) afirma que esse canal, há anos, vem sofrendo com ocupação desordenada. Na sua extensão, há ocupações irregulares, sem infraestrutura de drenagem e saneamento adequado, o que ocasiona o despejo de resíduos no local (CARDOSO et al., 2015), favorecendo situações recorrentes de alagamento.

A Figura 4 apresenta o canal do Jandiá, que recebe uma grande quantidade de esgoto e resíduos sólidos.

Figura 4: Canal do Jandiá



Fonte: A autoria própria (2023)

3.6 Canal das Pedrinhas

De acordo com Oliveira et al. (2016), o canal das Pedrinhas está localizado no perímetro urbano, entre os bairros Jardim Marco Zero e Pedrinhas, na região sul da capital Macapá. Existe a intensa interferência da população que reside às suas margens, sendo o canal utilizado como um meio de destinação final de resíduos e esgoto doméstico sem tratamento.

Esse canal se torna maior pois se une ao canal do Beírol, sofrendo assim grande pressão antrópica, recebendo então descarga de esgoto doméstico clandestino (DAMASCENO et al., 2015; TUNARI,2015).

O canal possui importância econômica pois transporta pequenas embarcações que fornecem madeira para o comércio local, além de pessoas. Devido a intensa atividade ao redor do canal é visível a pressão antrópica no corpo hídrico (OLIVEIRA et al., 2016), conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Canal das Pedrinhas



Fonte: Autoria própria (2023)

Um dos fatores que possivelmente contribui para o alagamento no canal das Pedrinhas no período chuvoso, ocorre devido ao ponto de escoamento da água. A manilha (tubulação de saída) parece estar localizada em uma altura que requer que a maré esteja alta, e apresenta ser de pequeno diâmetro, conforme demonstrado no lado esquerdo da Figura 6.

Figura 6: Ponto de escoamento no canal das Pedrinhas



Fonte: Autoria própria (2023)

3.7 Características Físico-Químicas e Microbiológicas da Água

Parron, Muniz e Pereira (2011) consideram que a água é fundamental para a existência de qualquer espécie, seja ela animal, plantas ou microrganismos. Para as espécies do meio aquático, como os peixes por exemplo, é fundamental que a qualidade da água esteja dentro dos padrões adequados para sua reprodução, nascimento e desenvolvimento.

A água contém vários compostos do próprio ambiente natural ou introduzidos a partir das diversas atividades humanas. Esses compostos tornam as águas diferentes, de acordo com suas características físico-químicas e microbiológicas (VALVERDE, 2014).

A qualidade da água interfere diretamente no meio biótico e abiótico e na qualidade da vida humana. Assim, o aumento de certas substâncias químicas como os metais pesados, e a presença de bactérias e vírus na água trazem sérios riscos à saúde (LINS, 2003) e ao meio ambiente.

Assim, a importância das análises laboratoriais das águas consiste em saber o grau de degradação dos corpos hídricos, bem como verificar se as mesmas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

3.7.1 Análises Físico-Químicas da Água

O cloreto (Cl^-) presente na água está na forma de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de magnésio (MgCl_2). A concentração elevada do cloro na água altera o sabor e ao ser ingerido tem efeito laxativo. Essa substância também está presente na dieta humana, que por sua vez, eliminada pela urina e despejada no esgoto doméstico, pode ser lançada indevidamente nos corpos hídricos (FUNASA, 2013; OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS, 2010).

Para Santos e Morh (2013) a condutividade elétrica é utilizada para medir a carga elétrica presente na água e tem como principal objetivo mostrar possíveis fontes poluidoras porém, essa medida não identifica quais íons estão presentes na água. A capacidade de condução elétrica depende da quantidade de teor de sais dissolvidos na água. Silva, Souza e Cunha (2014) afirmam que valores para condutividade elétrica acima de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicam que o ambiente aquático está impactado.

De acordo com Oliveira, Campos e Medeiros (2010) a cor da água depende muito do ambiente natural do curso d'água e também dos efluentes químicos, orgânicos e até naturais que podem influenciar na cor natural dos corpos hídricos. A cor é decorrente da presença de matéria orgânica originada da decomposição de plantas e animais, denominada substância húmica (VALVERDE, 2014).

Dureza total refere-se à soma de íons: cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) na água, que são descritos como carbonato de cálcio (CaCO_3). A dureza pode ser classificada como temporária quando há a presença de bicarbonato (HCO_3^-) de cálcio e magnésio e é resistente a sabões, ou permanente, quando os bicarbonatos se dissipam em gás carbônico (CO_2) através do calor. A elevada concentração da dureza pode fazer com que a água tenha sabor desagradável e efeitos laxativos (SANTOS e MOHR, 2013).

A alta concentração de ferro na água a deixa com aspecto amarelado e sabor amargo (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011). Sousa et al. (2016) destacam que altas concentrações de ferro estão relacionadas à danos à saúde, além de problemas de ordem estética e ambientais, devido às manchas em roupas e louças que ocasionam. Também é um parâmetro responsável por aumentar a cor da água.

O nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) é formado por matéria orgânica em processo de decomposição, e a presença desse composto nos corpos hídricos é um indicativo de poluição recente (SILVA, SOUZA e CUNHA, 2014). Segundo Oliveira, Campos e Medeiros (2010), o $\text{NH}_3\text{-N}$ é uma substância química que causa danos em animais e plantas, por ser considerada tóxica. Em altas concentrações na água, diminui o oxigênio da mesma, causando a morte dos peixes por sufocamento.

O oxigênio dissolvido (OD) é uma grandeza importante para se analisar a quantidade de oxigênio disponível na água, sendo considerado de fundamental importância para o metabolismo de microrganismos aeróbios existentes na água. A diminuição do OD na água afeta principalmente os peixes, que não resistem a concentrações de oxigênio inferiores a 4,0 mg/L (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011). A poluição difusa dos corpos hídricos se dá pela passagem da água da chuva no solo que transporta diversos materiais: sólidos; líquidos; restos de produtos orgânicos e inorgânicos em decomposição, até o corpo receptor, podendo ser uma das causas de baixa concentração de oxigênio dissolvido em bacias (SILVA, SOUZA e CUNHA, 2014).

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma grandeza com escala que vai de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam a acidez da água, e valores acima de 7 indicam a alcalinidade. O pH neutro possui valor igual a 7, pois a quantidade de íons hidrogênio (H^+) é igual ao íon hidróxido (OH^-). Assim, o pH pode influenciar diretamente no ecossistema aquático (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011; FUNASA, 2013). Se o pH sofrer alteração além da normalidade toda vida aquática fica vulnerável podendo sofrer extinção da sua biota (OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS, 2010).

Segundo Valverde (2014), águas brutas tendem a apresentar pH próximo da neutralidade, ou seja, próximo a 7, devido à sua capacidade de tamponamento. Entretanto, as próprias características do solo, a presença de ácidos húmicos ou uma atividade fotossintética intensa pode contribuir para a elevação ou redução natural do pH.

A turbidez está relacionada com a presença de materiais que reduzem a transparência da água. A presença de sólidos suspensos, algas, plânctons, materiais orgânicos, e erosão e a ação antrópica influenciam nos resultados da turbidez, sendo considerado então um parâmetro importante (FUNASA, 2013).

3.7.2 Análises Microbiológicas da Água

Os parâmetros microbiológicos da água servem para indicar a qualidade dos corpos hídricos e indicar se a água é potável ou não. A presença de microrganismos não natural do ambiente pode indicar a contaminação por fezes humana, despejos de esgotos sanitário, bem como a presença de patógenos como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, que podem causar danos a saúde (FUNASA, 2013).

A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) na água são importantes indicadores de poluição, pois através dessas análises microbiológicas é possível verificar o nível de contaminação do corpo hídrico que está recebendo esgotos domésticos (SANTOS e MOHR, 2013).

Valverde (2014) considera que a presença do grupo coliforme deve ser considerada como indício de poluição fecal, enquanto a presença de *E. coli* é uma indicação definitiva de poluição recente.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

Foram delimitadas duas áreas de estudo, que apresentam maior frequência de alagamentos no município de Macapá:

- Área 1: localizada na zona norte, no canal do Jandiá, no bairro Pacoval, trecho correspondente à Rua Mato Grosso;
- Área 2: localizada na zona sul, no canal das Pedrinhas, no bairro Pedrinhas, à margem da Rodovia Juscelino Kubitscheck.

Para cada área foi estabelecido um ponto de coleta, conforme demonstrado nas Figuras 7 e 8, para o canal do Jandiá e canal das Pedrinhas, respectivamente. As imagens foram geradas pela plataforma do *Google Earth*.

Figura 7: Ponto de coleta das amostras no canal do Jandiá



Fonte: Autoria própria (2023); adaptada de satélite *Google Earth*

Figura 8: Ponto de coleta das amostras no canal das Pedrinhas



Fonte: Autoria própria (2023); adaptada de satélite *Google Earth*

4.2 Coletas de Dados

Para realização desse estudo foi utilizada a tábua de maré do site *TIDeschart* (<https://pt.tideschart.com/>), a qual forneceu o horário ideal para coleta da água em maré alta. O Quadro 3 apresenta o local, data e horário da coleta, assim como a altura da maré.

Quadro 3: Local, data e horário da coleta e altura da maré

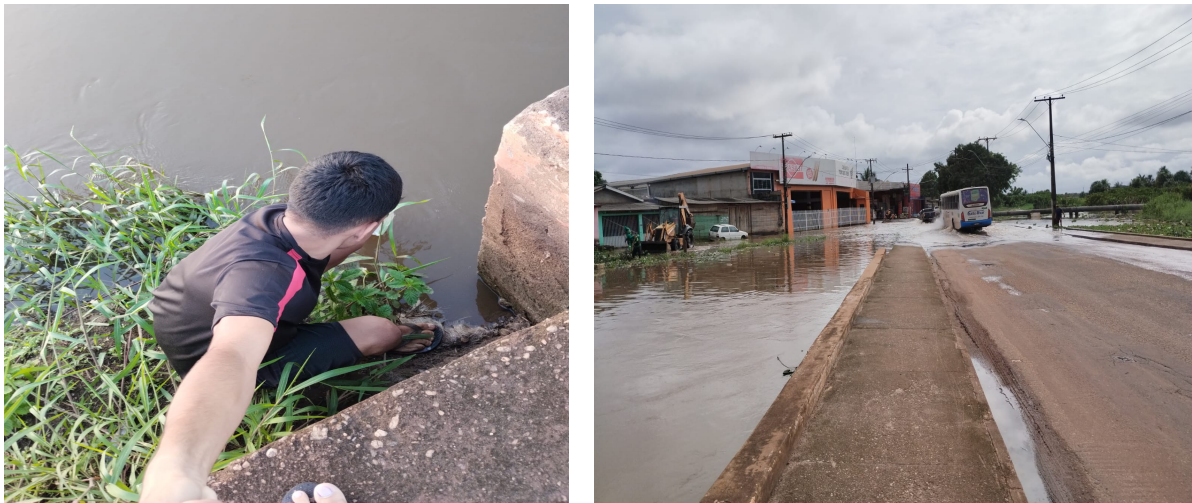
	Canal do Jandiá		Canal das Pedrinhas	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
Data e horário	10/02/2023 às 6:25 horas	21/03/2023 às 15:10 horas	08/03/2023 às 16:40 horas	23/03/2023 às 16:35 horas
Altura da maré	3,5 m	3,7 m	3,5 m	3,7 m

Vale citar que foram realizadas 2 coletas por área estudada, totalizando assim 4 amostras de água coletadas, devido à quantidade limitada de reagentes disponíveis no Laboratório de Saneamento e Química Ambiental do curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Foram utilizadas luvas descartáveis de látex durante as coletas, e cada amostra de água coletada foi armazenada em embalagem de polipropileno de 500 mL.

As Figuras 9 e 10 apresentam os locais de coleta das amostras, ao canal do Jandiá e ao canal das Pedrinhas, respectivamente.

Figura 9: Local de coleta no canal do Jandiá



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 10: Local de coleta no canal das Pedrinhas



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Caracterização Físico-química e Microbiológica das Amostras

As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento e Química Ambiental do curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), imediatamente após as coletas. Quando necessário, o material ficou armazenado em geladeira até a manhã seguinte, para que a qualidade da amostra não fosse comprometida.

A caracterização da água de estudo foi realizada por meio dos seguintes parâmetros de qualidade: condutividade elétrica, cor, cloreto, dureza total, ferro, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). Os métodos analíticos, valores máximos permitidos (VMP) e as unidades de medidas correspondentes são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Parâmetros de qualidade, métodos de análise, VMP e unidades de medida

Parâmetros de Qualidade	Método de Análise	VMP(*)	Unidade de Medida
Cloreto	Espectrofotométrico: Kit HACH Tiocianato Mercúrio Reagente para Cloreto [®]	250	mg/L Cl ⁻
Condutividade elétrica	Eletrométrico	-	µS/cm
Cor	Espectrofotométrico	75	mg Pt/L
Dureza total	Espectrofotométrico: Kit HACH Solução EDTA 1 M [®]	-	mg/L CaCO ₃
Ferro	Espectrofotométrico: Reagente Ferrover [®]	0,3	mg/L Fe
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotométrico: Kit HACH Reagente Nessler [®]	3,7 (em pH < 7,5)	mg/L NH ₃ -N
Oxigênio dissolvido	Eletrométrico	> 5	mg/L O ₂
pH	Potenciométrico	6 a 9	-
Turbidez	Nefelométrico	100	UNT
Coliformes totais	Meio cromogênico com reagente <i>Colilert</i> /IDEXX e cartela estéril	1000	NMP/ 100 mL
<i>E. coli</i>	Meio cromogênico com reagente <i>Colilert</i> /IDEXX e cartela estéril	-	NMP/ 100 mL

(*) Valores máximos permitidos segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CONAMA, 2005)

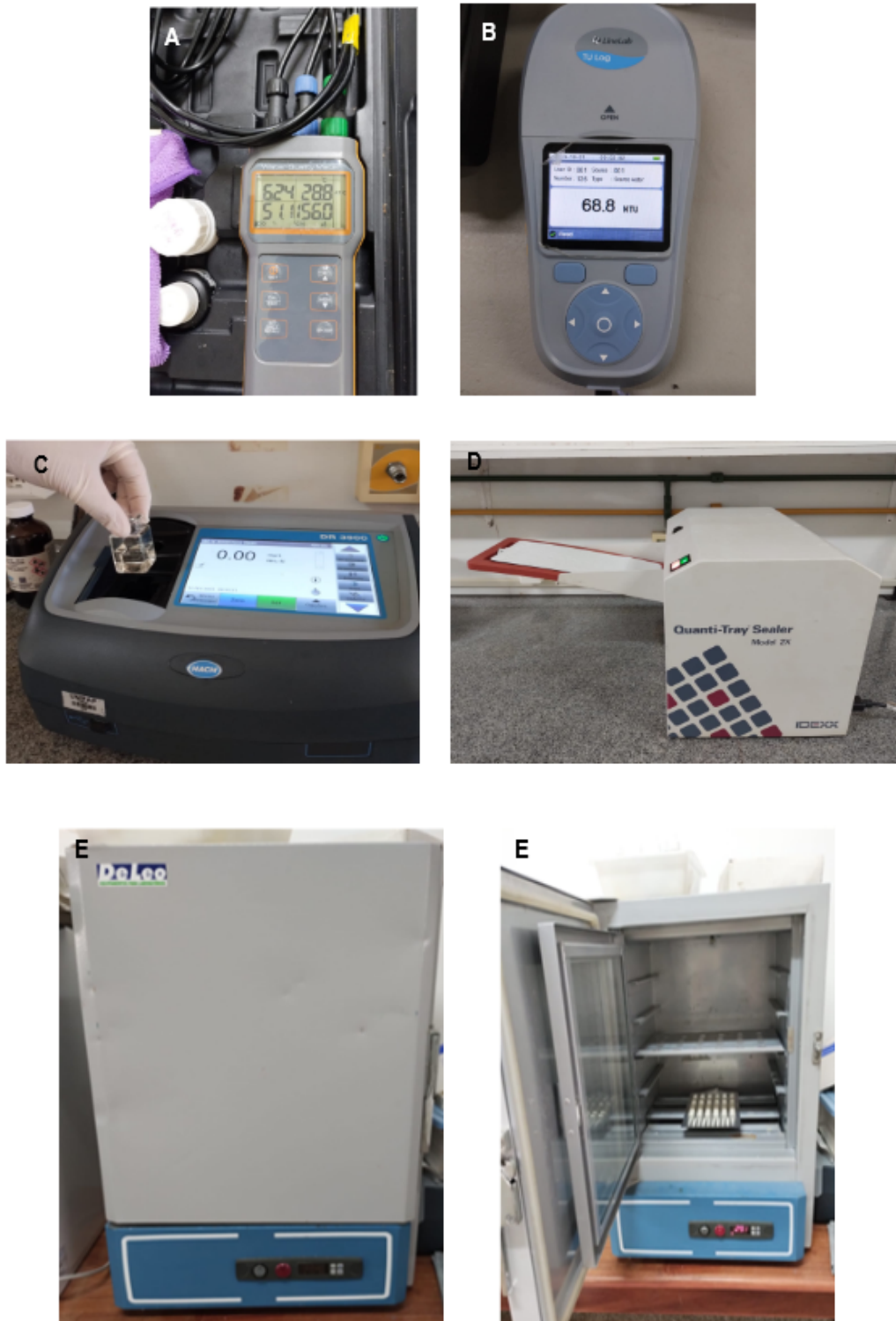
A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CONAMA, 2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Águas de classe 2 são aquelas águas doces que podem ser destinadas ao consumo humano, após o tratamento convencional em uma estação de tratamento de água (ETA), como é o caso do rio Amazonas em Macapá. Assim, foi considerado esse enquadramento do corpo receptor para fins de comparação dos resultados obtidos com os valores máximos permitidos que constam na legislação (CONAMA, 2005).

Os equipamentos utilizados para as análises físico-químicas e microbiológicas foram:

- Sonda multiparâmetro *AZ Instrument 86031 Water Quality Meter* (Figura 11A): análises físico-químicas de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH;
- Turbidímetro *Linelab Digital com registro - TU Log* (Figura 11B): análise física de turbidez;
- Espectrofotômetro *HACH DR 3900* (Figura 11C): análises físico-químicas de cloreto, cor, dureza total, ferro e nitrogênio amoniacal;
- Seladora *IDEXX Quanti-Tray Sealer Modelo 2x Lab Sealer* (Figura 11D) e estufa *De Leo* (Figuras 11E): análises microbiológicas de coliformes totais e *E.coli*. Essas análises consistem na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma determinada amostra, através de uma mistura entre a amostra o reagente *Colilert* patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 mL), a qual é selada e mantida incubada a 35°C durante 24 horas. Os resultados são obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste *Colilert*. O resultado é obtido em NMP/100 mL (número mais provável em 100 mL de solução) (AMARAL e BEZERRA, 2020).

Figura 11: Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas e microbiológicas



(A): Sonda multiparâmetro; (B): Turbidímetro; (C): Espectrofotômetro; (D): Seladora; (E): Estufa
Fonte: Autoria própria (2023)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade: cloreto, condutividade elétrica, cor, dureza total, ferro, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, coliformes totais e *E. coli.*, para cada amostra coletada nas áreas de estudo previamente definidas.

Tabela 1: Resultados obtidos para os parâmetros de qualidade avaliados

Parâmetros de Qualidade	Canal do Jandiá		Canal das Pedrinhas		VMP(*)
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	
Cloreto (mg/L Cl)	21,3	10,0	15,5	16,7	250
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	158,4	153,2	136,2	227,0	-
Cor (mg Pt/L)	416	485	680	1074	75
Dureza total (mg/L CaCO_3)	1,38	1,85	1,27	1,51	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$)	1,96	1,36	1,14	1,55	3,7 (em $\text{pH} < 7,5$)
Ferro (mg/L Fe)	2,37	1,80	1,52	2,08	0,3
Oxigênio dissolvido (mg/L O_2)	4,2	3,7	3,9	4,6	> 5
pH	6,39	6,30	6,28	6,69	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	51,4	68,0	60,0	164,0	100
Coliformes totais (NMP/100 mL)	2419,6	2419,6	2914,0	2419,6	1000
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	1413,6	2419,6	2914,0	2491,6	-

(*) Valores máximos permitidos segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CONAMA, 2005)

Como a água coletada nos dois pontos de alagamento do presente estudo retornam ao corpo receptor, no caso o rio Amazonas, que é utilizado para captação de água bruta, seria importante que os parâmetros de qualidade avaliados estivessem de acordo com os valores máximos permitidos baseado no enquadramento para águas doces de classe 2 (CONAMA, 2005). Oliveira et al. (2016) consideram que todos os corpos hídricos do estado do Amapá, se enquadram na classe 2 de águas doces.

Os valores obtidos para cloreto, entre 10,0 e 21,3 mg/L Cl⁻ se mostraram menores do que o limite máximo de 250 mg/L Cl⁻ citado na Resolução (CONAMA, 2005), o que indica que a água está de acordo com o referido parâmetro. O cloro em altas concentrações deixa água com sabor salgado com propriedades laxativas, concentrações elevadas estão relacionadas com o despejo de esgoto doméstico ou industrial nos corpos hídricos (BRASIL, 2014).

Segundo Oliveira et al. (2016), as águas naturais apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm. Nesse estudo, valores superiores a 100 µS/cm foram encontrados em todas as coletas. Silva, Souza e Cunha (2014) afirmam que os valores de condutividade elétrica são diretamente proporcionais à concentração de sólidos totais dissolvidos, ocasionados principalmente pela produção de íons presentes no esgoto, ou erosão de solos. Coelho (2008) descreve que valores altos para esse parâmetro indicam que o ambiente está impactado e a principal fonte causadora é a ação antrópica.

A cor apresentou valores muito superiores ao estabelecido pela legislação vigente, que é de até 75 mg Pt/L (CONAMA, 2005). Segundo Ferreira (2017), a cor geralmente está associada com a presença de sólidos dissolvidos e partículas coloidais e a ação antrópica tem relação direta com os elevados valores de cor. Assim, pode-se considerar que os 2 locais de estudo sofrem com a influência de esgoto doméstico, além de despejos de resíduos sólidos.

A dureza total apresentou resultados na faixa de 1,27 a 1,85 mg/L CaCO₃. De acordo com Sousa et al. (2016), a dureza está presente na água de modo natural pela decomposição de rochas de calcário e/ou cálcio e magnésio e pela ação antrópica. Apesar da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CONAMA, 2005) não apresentar valores limites para esse parâmetro, a dureza pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO₃; moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO₃; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO₃; e muito dura: > 300 mg/L de CaCO₃ (BRASIL, 2014). Assim, pode-se considerar que as águas analisadas para os 2 pontos de coleta são águas moles.

A concentração de ferro nas quatro coletas realizadas foi acima do valor máximo determinado pela legislação brasileira, que é de 0,3 mg/L Fe (CONAMA, 2005), variando entre 1,52 e 2,37 mg/L Fe. Silva, Souza e Cunha (2014) estudaram a qualidade da água na bacia do Igarapé da Fortaleza, em Macapá, e identificaram

que altas concentrações podem ser justificadas pelo fato de que os rios refletem as características dos solos regionais, ricos em ferro, mas também uma parcela pode ser de origem de esgoto doméstico, o que também pode ser constatado nesse estudo.

O nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) é uma substância tóxica que está presente nos corpos hídricos de forma natural e não-natural, devido ao despejo de esgotos sanitários domésticos. Valores acima do permitido causam a eutrofização do ambiente aquático provocando a morte dos peixes (OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS, 2010). A variação desse parâmetro se manteve na faixa de 1,14 a 1,96 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$, para os pontos de coleta. O limite para o nitrogênio amoniacal, que é a soma de amônia (NH_3) e íon amônio (NH_4^+) para pH abaixo de 7,5 é de 3,7 mg/L, segundo a legislação (CONAMA, 2005). Assim, pode-se supor que os valores encontrados foram satisfatórios.

Os valores de oxigênio dissolvido obtidos para as amostras, entre 3,7 e 4,6 mg/L O_2 , se mostraram inferiores a 5 mg/L O_2 , que é o mínimo permitido pela legislação (CONAMA, 2005). Oliveira et al. (2016) afirmam que análises desse parâmetro realizadas na bacia do Igarapé da Fortaleza, apresentaram valores próximos aos obtidos no presente estudo, evidenciando assim níveis elevados de degradação ambiental nos canais. Também pode-se considerar que não há uma boa oxigenação na água dos canais do Jandiá e das Pedrinhas.

O potencial hidrogeniônico (pH) apresentou valores na faixa de 6,28 a 6,69. Segundo Damasceno et al. (2015), a acidez é uma característica natural dos rios amazônicos, o que pode ser constatado pelos resultados obtidos para todas as coletas realizadas. Esses valores estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação (CONAMA, 2005), que considera que o pH para corpos hídricos enquadrados na classe 2 valores devem estar entre 6,0 a 9,0.

Sobre a turbidez, apenas uma das amostras no canal das Pedrinhas apresentou valor superior ao permitido pela legislação (CONAMA, 2005), sendo 164 UNT. Esse fato pode estar relacionado com o período chuvoso, que provoca uma quantidade maior de sólidos suspensos dissolvidos, devido ao escoamento das águas pluviais ou por lançamento de esgotos domésticos e/ou industriais nos corpos hídricos (BRASIL, 2014).

Abreu, Silva e Thomas (2018) citam que as águas pluviais transportam diferentes poluentes, tanto orgânicos quanto inorgânicos, incluindo microrganismos patogênicos, tais como: coliformes totais e *E. coli*. Esse fato foi observado em todas as coletas realizadas nos pontos de estudo, visto que os valores encontrados para os parâmetros microbiológicos estão bem acima de 1000 NPM/100 mL.

Almeida e Costa (2014) descrevem que muitas doenças, como a dengue e a leptospirose, estão diretamente vinculadas aos alagamentos urbanos. Além disso, a diarreia é uma doença frequente em locais com ineficiência do sistema de drenagem de água da chuva, ocasionando problemas de saúde, pois muitas crianças aproveitam a cheia para brincar, sem perceberem o risco de contaminação à que estão expostas.

Em suma, pode-se considerar que vários parâmetros de qualidade estão em desacordo com a legislação, impactando diretamente na qualidade de vida da população.

6 CONCLUSÃO

Apesar dos canais exercerem a função de conduzir as águas pluviais até o curso dos rios, os sistemas de drenagens de Macapá sofrem com as ações antrópicas e ocupações urbanas desordenadas. É comum ver diversos itens descartados indevidamente nesses canais, tais como: pneus, garrafas pets, televisores, resquícios de materiais de construção, além de lixo doméstico.

Assim, o canal do Jandiá e o canal das Pedrinhas viabilizam situações de alagamentos em períodos chuvosos, trazendo consequências negativas para a população e ao meio ambiente de ordem social, econômica e ambiental.

As análises-físicos químicas de água para os parâmetros, condutividade elétrica, cor, ferro, oxigênio dissolvido e turbidez evidenciaram que a qualidade da água está em desacordo com a legislação vigente, confirmando que o ambiente está impactado de forma negativa, possivelmente devido ao lançamento de resíduos sólidos e esgoto doméstico nos canais do Jandiá e das Pedrinhas.

Pode-se dizer que, a água coletada nos pontos de alagamentos de Macapá apresentaram um elevado grau de contaminação microbiológica e com características bastante degradadas em relação à legislação vigente.

Todos esses fatores contribuem para problemas relacionados ao meio ambiente, como a poluição dos canais, e diversos riscos à saúde da população, com consequências diretas relacionadas à doenças de veiculação hídrica.

Uma fiscalização mais intensiva por parte do poder público e ações de educação ambiental, com foco na minimização de lançamento inadequado de resíduos nos canais, seriam de grande importância para o meio ambiente e a população em geral.

Como sugestões para trabalhos futuros, poderia ser considerado: o controle e monitoramento periódico das águas dos canais, em maré alta e maré baixa, para verificar a qualidade ambiental, assim como inserir novos pontos de coleta e outros canais localizados em Macapá.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. S. de; SILVA, I. B. da; THOMAS, H. Y. Drenagem de águas pluviais e uso de técnicas de geoprocessamento para avaliação de indicadores de saneamento básico no município de Macapá – AP. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, p. 240-250. 2018. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2018/trabalhos/pdf/congestas2018-et-02-007.pdf> Acesso em: 28 de março de 2023.

ALMEIDA, Dione Santana de; COSTA, Isaías Tavares da. **A drenagem urbana das águas plúvias e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana**. 2014. 68 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP. 2014. Disponível em: <https://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/08/A-DRENAGEM-URBANA-DAS-%C3%81GUAS-PLUVIAS-E-SUA-RELA%C3%87%C3%83O-COM-O-MEIO-AMBIENTE-E-A-SA%C3%9ADE-P%C3%9ABLICA-NO-MUNIC%C3%8DPIO-DE-SANTANA.pdf> Acesso em: 19 de abril de 2021.

AMARAL, J. P. S.; BEZERRA, L. A. Impactos antrópicos nas águas de Macapá e suas consequências quanto a balneabilidade. *In: GUIMARÃES, D. C; SILVA, M. V. da; LUCAS, C. M. B. Amazônia urbana em questão: Macapá 75 anos de capital*. Maringá, PR: Uniedusul. 2020. p. 32-43. Disponível em: <https://www.uniedusul.com.br/wp-content/uploads/2021/04/E-BOOK-AMAZONIA-URBANA-EM-QUESTAO-MACAPA-75-ANOS-DE-CAPITAL-LIVRO-1.pdf> Acesso em: 14 de março de 2023.

AVELAR, V. G; SANTOS, A. M. Transformações antropogênicas e suas implicações na erosão fluvial do balneário do Aturiá, Macapá-Amapá. *In: Geografia do amapá e perspectiva*. Brito, Daguiete Maria Chaves; AVELAR, Valter Gama de (Orgs). Macapá: UNIFAP, 2017.

BASTOS, Argemiro Midonês. **Modelagem de escoamento ambiental como subsídio à gestão dos ecossistemas aquáticos no Baixo Igarapé da Fortaleza – AP**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, Amapá, 2010. Disponível em: <https://www2.unifap.br/ppgbio/files/2010/05/argemiro.pdf> Acesso em: 28 de janeiro de 2023.

BRAGA, Júlia Oliveira. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. 2017. 33 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharelado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016_JuliaOliveiraBraga.pdf Acesso em 15 de fevereiro de 2023.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000... Diário Oficial, Brasília, DF, 16. jul. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

Acesso em: 14 de fevereiro de 2023.

_____. Ministério da Saúde, MS. Boletim Epidemiológico. **Desastres naturais e saúde: análise do cenário de eventos hidrológicos no Brasil e seus potenciais impactos sobre o Sistema Único de Saúde**, v. 49, n. 10, mar. 2017.

_____. Ministério da Saúde, MS. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em:

<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87> Acesso em: 05 de abril de 2023.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015.

CARDOSO, M. A.; MOTA, P. D. M.; SILVA, L. C. da; MONTEIRO, S. C.; FERREIRA, J. F. C. O despejo de resíduos sólidos nas ocupações irregulares no canal do Jandiá (Macapá - AP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 09, p. 149-161, 2015. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1051/1075 Acesso em: 04 de abril de 2023.

CEBDS. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. 2023. **BRASIL ocupa a 112ª no ranking de saneamento básico**. Disponível em: <https://cebds.org/estudo-destaca-beneficios-com-expansao-saneamento-brasil/> Acesso em: 06 de março de 2023.

CESA, M. V.; DUARTE, G, M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Revista Geosul**, v. 25, n. 49, p. 63-78. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2010v25n49p63>

COELHO, Raul Candido da Trindade Paixão. **Avaliação das bacias hidrográficas dos Arroios Caçador e Tiririca na Floresta Nacional de Canela, com ênfase na qualidade da água e ocupação do solo das áreas de preservação permanente ripárias**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13860> Acesso em: 02 de abril de 2023.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério da Saúde. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 18 mar. 2005. p. 58.

CRISPIM, D. L.; ANDRADE, S. O. de; MENESES, J. A. D. de; CHAVES, A. D. C. G.; BORGES, M. da G. B. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do espaço urbano: um estudo de caso da cidade de Baixio/CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 44-49, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v9i4.2998>

DAMASCENO, M. da C. S.; RIBEIRO, H. M. C.; TAKIYAMA, L. R.; PAULA, M. T. de. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 3. p. 598-612, jul./set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1606>

DOZSA, B.; MONEGO, M. L. C. DEL; KUMMER, L. Modelagem geoestatística da ocorrência de casos de leptospirose e alagamentos no município de Curitiba - PR, no ano de 2014. **Holos**, v. 1, p. 381-393, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2016.3857>

EMBRAPA, **Análise geoespacial das áreas úmidas da bacia do Igarapé da Fortaleza, Amapá, Brasil**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218901/1/CPAF-AP-2020-Analise-geoespacial-das-areas.pdf>. Acesso em: 27 de março 2023

FERREIRA, C. S. **Avaliação bacteriológica, virológica e físico-química da água fornecida à população de Macapá pelo sistema de abastecimento público da Companhia de Água e esgoto do Amapá**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Departamento de Pós-Graduação, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2017. Disponível em: http://repositorio.unifap.br/jspui/bitstream/123456789/188/1/Dissertacao_AvaliacaoBacteriologicaVirologica.pdf Acesso em: 02 de abril de 2023.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. 2013. **Manual Prático de Análise da Água 4ª edição**. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf . Acesso em: 24 de março de 2023

GANDRA, C. V.; GUIMARÃES, L. L.; SANTOS, A. R.; CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H. Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas pluviais do sistema de drenagem urbana de Santos (São Paulo, Brasil). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e18091210739-e18091210739, 2020. Disponível em: https://www.academia.edu/74779254/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o_f%C3%ADsico_qu%C3%ADmica_microbiol%C3%B3gica_e_ecotoxicol%C3%B3gica_das_%C3%A1guas_pluviais_do_sistema_de_drenagem_urbana_de_Santos_S%C3%A3o_Paulo_Brasil Acesso em: 09 de abril de 2023.

GROSTEIN, M. D. **Metrópole e expansão urbana a persistência de processos "insustentáveis"**. São Paulo em Perspectiva, v. 15, n. 1, jan./mar. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-88392001000100003>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. **Cidades**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/macapa.html>. Acesso em: 19 de março de 2023.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. **Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro**. Disponível: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf> . Acesso em: 20 de março de 2023.

ITB. Instituto Trata Brasil. **Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/compare?id=0> Acesso em: 16 de março de 2023.

_____. Instituto Trata Brasil. **Ranking do saneamento**, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_do_RS_2022.pdf Acesso em: 16 de março de 2023.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011 . Available from DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122011000200003>

LINS, C. A. C. **Manual técnico PGAGEM–Brasil**. 2003. Disponível em: http://dSPACE.cprm.gov.br/bitstream/doc/17283/1/manutec_pgagem.pdf Acesso em: 24 de março de 2023.

NERI, Sara Heloiza Alberto. **A utilização das ferramentas de geoprocessamento para identificação de comunidades expostas a hepatite nas áreas de ressacas dos municípios de Macapá e Santana/AP**. 2004. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2004-1/1763-sara-heloiza-alberto-neri-mestrado/file> Acesso em: 09 de abril de 2023.

OLIVEIRA, B. R. de; LESS, D. F. da S.; OLIVEIRA FILHO, O. B. Q. Análise da eficiência da drenagem urbana em Macapá – AP. *In: Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental*, v. 3, n. 2, p. 534-543, 2016. DOI: [10.5151/engpro-eneeamb2016-du-002-5097](https://doi.org/10.5151/engpro-eneeamb2016-du-002-5097)

OLIVEIRA, B. R. de; LESS, D. F. da S.; OLIVEIRA FILHO, O. B. Q.; LIMA, C. S. Diagnóstico ambiental e qualidade da água do canal das Pedrinhas, Macapá - Amapá. *In: 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*, Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/51519497-Diagnostico-ambiental-e-qualidade-da-agua-do-canal-das-pedrinhas-macapá-amapá.html> Acesso em: 04 de abril de 2023.

OLIVEIRA, C.; PORTELLA, C. M. M.; GONÇALVES, R. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, Z. Saneamento básico e a relação intrínseca com o desenvolvimento sustentável: um desafio frente à desigualdade socioeconômica na Região Norte do Brasil. **Meio Ambiente**, v. 3, n. 3, p. 62-74, 2021. DOI: <https://zenodo.org/record/5118471>

OLIVEIRA, C. N. de; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Evaluation and identification of significant quality parameters for the bodies of water in Bahia's semi-arid region. Case study: salitre river. **Química Nova** , v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500010>

OLIVEIRA, J. V. de; COSTA, P. H.; PEREIRA, T. V. **Expansão da malha urbana de Macapá: análise sobre loteamentos fechados**. 2017. Disponível em:

https://www.academia.edu/24628307/EXPANS%C3%83O_DA_MALHA_URBANA_D E_MACAP%C3%81_AN%C3%81LISE_SOBRE_LOTEAMENTOS_FECHADOS

Acesso em: 10 de abril de 2023.

PARRON, L. M; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimento de amostragem e análise físico-química de água**. Embrapa Florestas: Colombo, 2011. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf> Acesso em 19 de março de 2023.

PICANÇO, Caio Lucas. **Rios urbanos e sua reinserção nas cidades: o caso do Rio Jandiá, Macapá (AP)**. 2018. 134 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Macapá, 2018. Disponível em:

<http://repositorio.unifap.br/jspui/handle/123456789/1270> Acesso em: 09 de abril de 2023.

PMM. PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAPÁ. 2021. **Prefeitura de Macapá oficializa 36 novos bairros**. Disponível em:

<https://macapa.ap.gov.br/prefeitura-de-macapa-oficializa-36-novos-bairros-na-capital> Acesso em 06 de março de 2023.

ROTAS BRASIL. **Amapá**. 2023. Disponível em: <https://rotasbrasil.org/amapa/> Acesso em: 01 de março de 2023.

SANTOS, Juliane Lima dos. **Canal do Jandiá: impactos socioambientais e proposta de intervenção urbana**. 2017. 73 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP. 2018. Disponível em:

<https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Santos-2017-Canal-do-Jandia-impactos-socioambientais-e-propos-1.pdf> Acesso em: 04 de março de 2023.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146661>

SANTOS, R. de S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto Saúde**, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013. Disponível em:

<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/2877> Acesso em 15 de março de 2023.

SILVA, L. de A. da; SOUZA, L. R. de; CUNHA, A. Análise da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Igarapé da Fortaleza - Amapá. *In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, p. 1-8. 2014. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0924-22394-153209>

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2021a. **Abastecimento de água –**

2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/ab> Acesso em: 23 de março de 2023.

_____. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2021b. **Esgotamento sanitário – 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/es> Acesso em: 23 de março de 2023.

SOARES, André Araújo Sombra. **Riscos socioambientais de inundações e alagamentos na planície de Belém (PA): análise sobre as causas e formas de planejamento urbano para o tratamento da problemática**. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12202> Acesso em: 22 de fevereiro de 2023.

SOUSA, S. da S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L. de; ROCHA, J. A. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X23341>

SOUSA, T. S.; CUNHA, H. F. A.; CUNHA, A. C. Risco de alagamentos influenciados por fatores ambientais em zonas urbanas de Macapá e Santana-AP. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 245-259, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0021>

SOUZA, Ana Cláudia Machado de. **Análise do planejamento urbano de um espaço em transformação: as cidades de Macapá e Santana na perspectiva do desenvolvimento local**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Desenvolvimento Regional) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014. Disponível em: https://www2.unifap.br/ppgmdr/files/2019/06/DISSERTA%C3%87%C3%83O_ANACL AUDIAMACHADO.pdf Acesso em: 24 de março de 2023.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, p. 138-151, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG155026031>

TOSTES, J. A.; FEIJÃO, A. da J. A paisagem cultural da cidade de Macapá: o rio comanda a vida. In: TOSTES, J. A (org.). **Planejamento urbano regional no Estado do Amapá**. Macapá: UNIFAP, 2018. p. 7-17. Disponível em: <https://www2.unifap.br/editora/files/2018/12/Planejamento-Urbano-Regional-no-Estado-do-Amapa3.pdf> Acesso em 10 de janeiro de 2023.

TOSTES, J. A.; FERREIRA, J. F. de C. Indicadores de sustentabilidade para aferir impactos ambientais e urbanos em Macapá e Santana, cidades médias da Amazônia. In: TOSTES, J. A (org.). **Planejamento urbano regional no Estado do Amapá**. Macapá: UNIFAP, 2018a. p. 30-48. Disponível em:

<https://www2.unifap.br/editora/files/2018/12/Planejamento-Urbano-Regional-no-Estado-do-Amapa3.pdf> Acesso em 10 de janeiro de 2023.

TOSTES, J. A.; FERREIRA, S. D. Os desafios da inclusão social entre a cidade e o edifício na cidade de Macapá. *In*: TOSTES, J. A (org.). **Planejamento urbano regional no Estado do Amapá**. Macapá: UNIFAP, 2018b. p. 18-29. Disponível em: <https://www2.unifap.br/editora/files/2018/12/Planejamento-Urbano-Regional-no-Estado-do-Amapa3.pdf> Acesso em 10 de janeiro de 2023.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a20v55n4.pdf> Acesso em: 09 de março de 2023.

TUNARI, Jullianne do Rosário. **Canais e cidades: uma proposta de intervenção paisagística para o canal da avenida Mendonça Júnior em Macapá- AP**. 2015. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Macapá, 2015. Disponível em: <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Tunari-2015-Canais-e-cidades-uma-proposta-de-interven%C3%A7%C3%A3o-pais.pdf> Acesso em: 09 de março de 2023.

VALVERDE, Karina Cardoso. **Avaliação do processo de tratamento de água utilizando a associação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam e coagulantes químicos**. 2014. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3699/1/000222930.pdf> Acesso em: 24 de março de 2023.

VIEGAS, C. J. T.; SOUSA, T. S.; CUNHA, H. F. A.; CUNHA, A. C. Sistema de esgotamento sanitário e casos de diarreia em Macapá/AP. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 303-316, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0028>

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. v. 1. Belo Horizonte: UFMG, 2014.