



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: ASPECTOS
SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA DO TUCUNDUBA,
AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação apresentada por:

CAMILA DE MAGALHÃES E SOUZA FIGUEIREDO

Orientador: Prof^a Dr^a Rosigleyse Corrêa de Sousa-Felix

BELÉM –PARÁ

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: ASPECTOS
SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA DO TUCUNDUBA,
AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação apresentada por:

CAMILA DE MAGALHÃES E SOUZA FIGUEIREDO

Orientador: Prof^a Dr^a Rosigleyse Corrêa de Sousa-Felix

BELÉM – PARÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F475b Figueiredo, Camila de Magalhães e Souza.
Bacias hidrográficas urbanas : aspectos socioambientais da bacia do Tucunduba, Amazônia, Brasil / Camila de Magalhães e Souza Figueiredo. — 2024.
xii, 71 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Rosigleyse Corrêa de Sousa Felix
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Belém, 2021.

1. Gestão. 2. Macrodrenagem . 3. Impactos ambientais . 4. Qualidade de vida. I. Título.

CDD 551.4607



Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia

**BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: ASPECTOS
SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA DO TUCUNDUBA,
AMAZÔNIA, BRASIL**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

CAMILA DE MAGALHÃES e SOUZA FIGUEIREDO

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Oceanografia na Área de
SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS, Linha de pesquisa AVALIAÇÃO E GESTÃO
DE RECURSOS AQUÁTICOS**

Data de Aprovação: 15 / 09 / 2021

Banca Examinadora:

Rosigleyse Corrêa de Sousa Felix

Prof^ª Rosigleyse Corrêa Felix – Orientadora
Dr^ª – Universidade Federal do Pará

Sury Monteiro

Prof^ª Sury de Moura Monteiro - Membro
Dr^ª – Universidade Federal do Pará

Marcela Cunha Monteiro Bernardi

Prof^ª Marcela Cunha Monteiro - Membro
Dr^ª – Universidade Federal do Pará

Érica Antunes Jimenez

Prof^ª Érica Antunes Jimenez - Membro
Dr^ª – Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar esse pequeno texto agradecendo a Universidade Federal do Pará, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, em especial à Rosigleyse Felix, por ter aceitado me orientar e ter me apoiado do início ao fim dessa jornada. A CAPES pela bolsa concedida, que foi essencial para que me mantivesse na pós-graduação.

Às famílias Souza e Figueiredo por toda base para que eu conseguisse chegar até aqui. À minha boneca, por todo amor, dedicação e exemplo de vida; ao meu pai por todas as alegrias; ao meu irmão a quem amo muito e aos meus filhotes que me alegram meus dias.

As minhas parceiras de vida Ana Paula e Amanxiida, e ao Sidrim, vou levar vocês comigo sempre!

Sou grata a todas as deusas por esse ano ter vivenciado vários momentos com Mariana, Micaela e todas as manas da Mandí. Vocês me inspiram e contribuem imensamente para o meu amadurecimento profissional e pessoal.

Gabi, Gabriel, Marcus, Luciana sem vocês tudo ficaria mais difícil!

Aos colegas de curso por todos os aprendizados. Somos sobreviventes!

Aos que, na correria de seus dias, me ajudaram a concluir esse trabalho: Raqueline, Rapha e Renê.

Sou grata pelos caminhos que percorri até o dia de hoje e a cada pessoa que contribuiu para meu crescimento pessoal e profissional.

“O amanhã não é algo pré-dado, mas um desafio, um problema.”

Paulo Freire

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Tucunduba (BHT) é a segunda maior bacia da cidade de Belém, no Pará. Esta Bacia drena quatro bairros de Belém: Marco, Canudos, Terra Firme e Guamá. Tendo uma das áreas de maior densidade populacional da cidade, com uma população de aproximadamente 200 mil habitantes. Esse trabalho tem como objetivo analisar as condições socioambientais da Bacia do Tucunduba, a partir de elementos macro-ambientais necessários para compreender a dinâmica de uso ao longo da bacia. Os encaminhamentos metodológicos da pesquisa contaram com aplicação de um questionário com os moradores da BHT, cálculo baseado no Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) local, cálculo de Índice Simplificado de Impacto Ambiental, estimativa de descarga de esgoto per capita dos bairros pertencentes a BHT e Avaliação de Impacto Ambiental nos meios físicos, bióticos e antrópicos nos 3 trechos da obra de macrodrenagem. A partir dos resultados obtidos, o IQVU na Bacia do Tucunduba é aproximadamente 0,6, ou seja, regular. Além disso, os resultados gerados através da avaliação de impacto ambiental simplificada demonstram que os trechos analisados apresentam impactos ambientais consideráveis (seja alto ou muito alto). O que demonstra a precariedade dos serviços oferecidos à população e evidencia a fragilidade da gestão urbana local. Dessa forma, é urgente estratégias de gestão integrada, de avaliação e monitoramento de espaço, e de oferta de serviços que garantam uma boa qualidade de vida e ambiental.

Palavras-chave: gestão; macrodrenagem; impactos ambientais; qualidade de vida.

ABSTRACT

The Tucunduba Hydrographic Basin (THB) is the second largest basin in the city of Belém, in Pará. It drains four districts of Belém: Marco, Canudos, Terra Firme and Guamá. It is one of the most densely populated areas in the city, with a population of approximately 200,000 inhabitants. This work aims to analyze the socio-environmental conditions of the Tucunduba Basin, based on the macro-environmental elements needed to understand the dynamics of use throughout the basin. The methodological approaches of the research included the application of a questionnaire to the residents of the THB, a calculation based on the local Urban Quality of Life Index (UQLI), a calculation of the Simplified Environmental Impact Index, an estimate of the per capita sewage discharge of the neighborhoods belonging to the THB and an Environmental Impact Assessment of the physical, biotic and anthropic environments in the 3 sections of the macro-drainage project. Based on the results obtained, the IQVU in the Tucunduba Basin is approximately 0.6, i.e. regular. In addition, the results generated through the simplified environmental impact assessment show that the stretches analyzed have considerable environmental impacts (either high or very high). This demonstrates the precariousness of the services offered to the population and highlights the fragility of local urban management. There is therefore an urgent need for integrated management strategies, the evaluation and monitoring of space, and the provision of services that guarantee a good quality of life and the environment.

Keyword: management; macro-drainage; impacts; quality of life

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa da Bacia Hidrografica do Tucunduba.....	8
Figura 2- Trechos do rio Tucunduba em 2021; A) Nascente do rio Tucunduba em uma residência, e B) Foz do rio Tucunduba.....	9
Figura 3- Trechos do rio Tucunduba A) Canal da Cipriano Santos, bairro de Canudos. B) Av. Celso Malcher, bairro da Terra Firme em 2018. C) Passagem Tucunduba, bairro do Guamá.	10
Figura 4 – Mapa ilustrando as três etapas que delimitam o projeto atual da obra de macrodrenagem do Tucunduba.....	11
Figura 5- A, B, C, D: Fotos retratando o descarte de resíduos na margem do Rio Tucunduba no trecho 1 da Etapa 1.	22
Figura 6 - A) Fotografia do rio Tucunduba antes da obra em 1998; B) Fotografia do rio após o início das obras do Projeto Tucunduba em 2001. Fonte: Barbosa (2003).	23
Figura 7 - A) e B) Fotografia mostrando a navegabilidade do rio Tucunduba em 2002.	24
Figura 8 - Imagem Google Earth – Etapa 1 – Trecho 1 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.	29
Figura 9 - Fotografia de pontos ao longo da Etapa 1 – Trecho 1 da Bacia Hidrográfica do Tucunduba em 2021: A) Foto sobre a ponte que liga a Passagem Tucunduba e a Rua São Domingos, no bairro do Guamá; (B) Foto sobre a ponte da Passagem Tucunduba, e C) Trecho da Passagem Tucunduba.	30
Figura 10 - Imagem Google Earth – Etapa 1 – Trecho 1 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.	30
Figura 11 - Etapa 1 - Trecho 2 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba A) Imagem do Google Maps de Abril de 2020; B) Fotografia Maio de 2021.....	31
Figura 12 - Imagem Google Earth – Etapa 2 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.....	31
Figura 13 - Etapa 2 da Obra - Ponte da Celso Malcher. A) Imagem do Google Maps de Julho/2012; B) Imagem do Google Maps de Julho/2017; C) Imagem do Google Maps de Outubro/2018; D) Imagem do Google Maps de Julho/2019; E) Imagem do Google Maps de Março/2020; F, G, H) Fotografia de Maio/2021.	32

Figura 14 - Imagem Google Earth – Etapa 3 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.....	33
Figura 15 - Imagens do Google Earth da Etapa 1 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.	34
Figura 16 - Imagens do Google Earth da Etapa 2 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.	35
Figura 17: Imagens do Google Earth da Etapa 3 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.	36
Figura 18 - Evolução da urbanização ao longo dos anos 1972 a 2006 na Bacia Hidrográfica do Tucunduba. Fonte: Targa <i>et al.</i> (2012).	42
Figura 19 - Carga de efluentes por bairros da Bacia Hidrográfica do Tucunduba.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Detalhamento dos índices e seus respectivos indicadores utilizados.	13
Tabela 2 - Dados que serão utilizados para o cálculo dos índices.	13
Tabela 3 - Indicadores ambientais e seus respectivos pesos, aplicados na bacia hidrográfica do Tucunduba/PA.	15
Tabela 4 - Intervalo de valores e classificação de impactos dos indicadores biofísicos.	16
Tabela 5- Percepção dos entrevistados sobre aspectos do bairro.	20
Tabela 6 - Pontos positivos e negativos da obra na percepção dos moradores.	26
Tabela 7 - índice de Qualidade de Vida Urbana, Pontuação de indicadores por bairros e total.	37
Tabela 8 - Resultado do Índice Simplificado de Impacto Ambiental.	41
Tabela 9 - Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis.	44
Tabela 10 - Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 1 da obra.	50
Tabela 11- Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 2 da obra.	51
Tabela 12 - Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 3 da obra.	52

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	2
1.1 ESPAÇO URBANO: RECURSOS HÍDRICOS E OCUPAÇÃO HUMANA.....	2
1.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA.....	3
2 OBJETIVOS	6
2.1 OBJETIVO GERAL.....	6
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
3 METODOLOGIA	7
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.2.1 Questionário de percepção dos moradores BHT	11
3.2.2 Cálculo baseado no Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU).....	12
3.2.3 Índice simplificado de impacto ambiental.....	14
3.2.4 Descarga de esgoto per capita	16
3.2.5 Avaliação de Impacto Ambiental da Obra de macrodrenagem na Bacia Hidrográfica do Tucunduba.....	17

4	RESULTADO E DISCUSSÃO	19
4.1	BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA: UM OLHAR DOS MORADORES	19
4.1.1	A dicotomia que integra a Bacia Hidrográfica do Tucunduba	23
4.1.2	Contextualizando a Obra de Macrodrenagem do Tucunduba	28
4.1.3	Análise comparativa ao longo dos anos da obra de macrodrenagem do Tucunduba.....	33
4.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DE VIDA URBANA	37
4.3	ÍNDICE SIMPLIFICADO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	40
4.4	DESCARGA DE ESGOTO PER CAPITA.....	45
4.5	IDENTIFICAÇÃO E INTERAÇÕES DOS PRINCIPAIS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA ÁREA.....	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A - Questionário Aplicado com os Moradores da Bacia Hidrográfica do Tucunduba	60

1 INTRODUÇÃO

O modelo de civilização geradora da crise ambiental a qual vivemos atualmente é o resultado da relação desmistificada e utilitarista do homem com a natureza. Essa abordagem ainda se reflete nos dias atuais, trazendo como consequência a exploração dos recursos naturais, resultando na moderna sociedade de consumo (Pelizzoli 1999) e em transformações significativas no clima.

E foi no contexto descrito acima que se desenvolveram os principais centros urbanos do mundo ocidental moderno. Para suprir necessidades como transporte e abastecimento, esses centros urbanos instalaram-se próximos aos rios e lagos, exercendo grande pressão sobre esses sistemas (Silva 2006).

Definidos pela Constituição Federal de 1988, os princípios que fundamentam a gestão nacional de recursos hídricos estabelecem que a água é um bem público, dotada de valor econômico. Considerando a necessidade de uma política integrada entre os corpos d'água e as terras a circundá-las.

Além disso, a criação da Lei das Águas (Lei nº 9.433/97) que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e a Agência Nacional de Águas (ANA) foram essenciais para os avanços jurídicos acerca de bacias hidrográficas. Isso porque, segundo a lei, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e para atuação do SINGREH.

Ainda assim, o uso da água nas atividades humanas afeta de diversas formas os corpos hídricos disponíveis no ambiente. Segundo Souza & Ottoni (2015) o processo de urbanização aliado a falta de gerenciamento adequado e a inadequação das nossas políticas públicas são um dos principais motivos da degradação dos recursos hídricos em regiões urbanas, podendo gerar impactos sociais e ambientais.

Entre os impactos ambientais: assoreamento e contaminação de cursos d'água, solo e ar, perda de vegetação local, erosão de margens, perda da biodiversidade e uma série de outros impactos que também podem influenciar de forma direta ou indireta os impactos sociais. E os impactos sociais podem-se destacar: alagamentos, falta de água para o abastecimento da população, falta de saneamento além do aumento no número de doenças de veiculação hídrica. (Porto & Ferreira 2012).

1.1 ESPAÇO URBANO: RECURSOS HÍDRICOS E OCUPAÇÃO HUMANA

Define-se bacia hidrográfica como uma área de captação natural da água de pluviométrica e é constituída por um conjunto de canais de escoamento. Sendo a quantidade de água que chega no canal depende do índice pluviométrico e do balanço entre infiltração e evaporação (Christofolletti 1980).

Além de ser também um grande sistema de interação social, econômico, cultural e ambiental. O que permite uma abordagem integrada e que interfere diretamente no uso dos recursos hídricos (Yassuda 1993).

No Brasil, a bacia hidrográfica é considerada como uma Unidade de Gestão dos Recursos Hídricos, ou seja, espaço geográfico de atuação onde os comitês de bacias hidrográficas (CBHs) buscam promover: 1) o planejamento do local, 2) controlar os usos da água e 3) proteger e conservar as fontes de captação da bacia.

Segundo a Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998), existem seis funções principais para curso d'água, sendo elas: 1) habitat de organismos como plantas e animais, 2) filtro para a entrada de materiais, animais ou energia no ecossistema, 3) condutor de energia, animais e materiais através do fluxo da água, 4) barreira entre habitats 5) fonte de materiais (orgânico e sedimentar) e 6) sumidouro e escoamento de água para outros locais. Além de também ser um regulador climático.

Para além das funções ecossistêmicas, historicamente, o surgimento de cidades se deu próximo a cursos d'água, isso porque os rios viabilizaram a consolidação das cidades, principalmente por conta de suas funções essenciais para o gerenciamento de demandas sociais como: conservação ambiental, abastecimento de água, irrigação, transporte, alimentação e lazer.

No entanto, de forma geral bacias hidrográficas nas grandes cidades brasileiras são transformadas em espaços de coleta de esgotos, pois além de transportar as águas pluviais, transportam o esgoto sem tratamento, recebendo com isso alta quantidade de contaminantes, como: resíduos sólidos; substâncias com elevadas Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO); patógenos (víruses, bactérias e outras doenças relacionadas a água); derivados de petróleo, metais pesados e substâncias orgânicas sintéticas (pesticidas, herbicidas) (Porto 1995).

Segundo Campos (2001), as enchentes urbanas agravam-se gradativamente e são frutos da ocupação espontânea do espaço urbano e da ineficiência do sistema de

drenagem. Nesse sentido, uma das estratégias de intervenção mais utilizadas para minimizar esse problema tem sido por meio de projetos de macrodrenagem.

Macrodrenagem é o conjunto de ações estruturais e não estruturais que tem como objetivo controlar cheias para evitar inundações e suas consequências. Além de minimizar riscos e prejuízos em áreas de extensão significativa (grandes cursos d'água) causados por cheias com períodos de retorno relativamente longos (tipicamente $T= 25$ a 100 anos).

1.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA

A cidade Belém, possui 14 bacias hidrográficas urbanas, sendo a Bacia Hidrográfica do Tucunduba (BHT) a segunda maior delas. Esta bacia drena quatro bairros de Belém: Marco, Canudos, Terra Firme e Guamá. Segundo Ferreira (1995), até metade do século passado a BHT era pouco ocupada, as casas construídas de madeira e palha, e ainda era possível utilizar o rio para balneabilidade, lazer e transporte fluvial, são áreas de baixadas, ou seja, com condições topográficas que correspondem ao nível da planície de inundação, por isso sofrem constantemente com alagamentos.

Atualmente tendo uma das áreas de maior densidade populacional da cidade, com uma população de aproximadamente 200 mil habitantes, a BHT é caracterizada pela presença de diversos comércios às margens do seu curso principal: comércio de madeiras, telhas, tijolos, carvão, açai, feiras, etc, e muitos desses produtos são transportados através do rio para abastecer as feiras e comércio local (Targa *et al.* 2012).

Com o objetivo de minimizar os efeitos dos alagamentos na região, em 2008 foi iniciado o projeto de macrodrenagem da BHT, que previa a pavimentação das vias; construção de 10 pontes; construção de 400 unidades habitacionais; uma creche; praças e quadras; impermeabilização de canais; ampliação do sistema de abastecimento de água e implementação do sistema de esgoto e tratamento sanitário, com a construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para 4 mil famílias. No entanto, ao longo do tempo e de mudança de administração os projetos de obra foram modificados e por vezes paralisados.

Histórico da Obra de Macrodrenagem da BHT:

- 1- Fevereiro de 1991: “Projeto básico de aterramento de áreas urbanas alagadas em Belém do Pará: drenagem e pavimentação de áreas específicas” contemplou o bairro do Marco. Elaborado pela Prefeitura Municipal de Belém.
- 2- Outubro de 1997: “Projeto Tucunduba: dragagem e revestimento do Canal”. Executado pela Secretaria de Saneamento (SESAN) da Prefeitura Municipal de Belém (PMB)
- 3- 1999: “Projeto de Recuperação e Urbanização da Bacia do Tucunduba – PRUBT” financiamento firmado entre a PMB e a Caixa Econômica Federal (CEF)
- 4- 2008: Projeto “Saneamento Integrado da bacia do Tucunduba” projeto faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC do Governo Federal e a SEDURB foi a secretaria que assumiu.
- 5- Agosto de 2014, retomada do projeto “Saneamento Integrado da bacia do Tucunduba” sob a gerência do Governo do Estado do Pará, por meio da antiga SEDURB e COHAB.

Atualmente, em 2021, a obra é realizada pelo Governo do Estado do Pará, em parceria com a Prefeitura Municipal de Belém, tendo como responsável financeira a Caixa Econômica Federal, como órgão executor a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP). A empresa TRACTEBEL é responsável pelo gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras; a COHAB é responsável pelo projeto habitacional e a Urbaniza Ltda é a empresa executora das atividades do projeto social. Em janeiro de 2021, essa etapa foi entregue como finalizada. A SEDOP concluiu negociações com moradores e avançou com obras na terceira etapa da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba.

O Projeto de Macrodrenagem do Tucunduba foi desenvolvido para execução de obras e ações, que pudessem garantir qualidade de vida aos moradores da área de intervenção. O projeto volta-se para o desenvolvimento e melhoria da drenagem da bacia do Tucunduba.

Dessa forma, investigar e avaliar as condições socioambientais da BHT é essencial para a compreensão dos impactos socioambientais na referida Bacia decorrentes da dinâmica do uso da mesma.

Levando em consideração o contexto acima citado, os pressupostos que nortearam esta pesquisa foram estruturados sobre as seguintes hipóteses:

1) A bacia hidrográfica do rio Tucunduba está inserida em uma área de forte adensamento populacional e baixos acesso a serviços e políticas públicas, por esse motivo possui vários fatores potenciais de degradação ambiental como perda da cobertura vegetal, despejo de efluentes urbanos, entre outras problemáticas.

2) A alteração dos processos naturais e da dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do Tucunduba principalmente decorrentes da obra de macrodrenagem resultam em modificações da dinâmica e do uso do território.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as condições da Bacia Hidrográfica do Tucunduba (BHT) a partir de elementos socioambientais para compreender a dinâmica de uso ao longo da bacia.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analisar as condições ambientais e de serviços e infraestruturas disponíveis nos bairros ao longo da BHT a partir da percepção dos moradores;
- Caracterizar a qualidade da vida dos moradores a partir da aplicação do Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) nos bairros localizados na Bacia Hidrográfica do Tucunduba;
- Avaliar os impactos ambientais a partir do Índice Simplificado de Impacto Ambiental para compreensão dos problemas ocasionados pelas atividades humanas na região;
- Avaliar a qualidade ambiental do rio Tucunduba por meio do índice de descarga de esgoto.
- Identificar e descrever os impactos nos meios físicos, bióticos e antrópicos nos 3 trechos da obra de macrodrenagem e seus possíveis reflexos na qualidade da Bacia Hidrográfica do Tucunduba;
- Propor medidas para gestão integrada de Bacias Hidrográficas.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Belém, no estado do Pará, é caracterizada por temperaturas elevadas com média anual de 27,1 °C e precipitação média anual em torno de 3.158,20 mm. Com o período chuvoso de dezembro a abril e diminuição da precipitação pluviométrica de agosto a outubro. A umidade relativa do ar varia de 81,30 a 91,60, com uma média anual de 85,96.

Possui ventos predominantes do quadrante NE, com exceção dos meses de maio a julho, quando os ventos predominantes sopram para SE. A velocidade média mensal dos ventos é de 4,82 m/s, notando-se mais fortes no verão do que no inverno.

O município de Belém possui uma grande rede de drenagem, do tipo dendrítica, nas regiões sedimentares. Esta rede deságua na Baía do Guajará, a oeste da cidade e no rio Guamá, localizado ao sul da cidade. A área continental de Belém possui 14 bacias hidrográficas, e contém cerca de um terço de suas áreas abaixo da cota de 5m. Estudos realizados nas bacias hidrográficas de Belém têm mostrado que a maioria possui problemas de drenagem, se caracterizando por apresentar cheias rápidas e danosas.

A Bacia Hidrográfica Urbana do Tucunduba se localiza na parte sul da cidade de Belém possui área total de 10,55 km² e 3.600 metros (Figura 1). A área drena cinco bairros periféricos da cidade: Marco, Canudos, Terra Firme, Guamá e Universitário (Prefeitura Municipal de Belém 2000).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), Belém tem cerca de 1.393.399 habitantes. E três dos dez bairros mais populosos da cidade estão localizados na BHT sendo eles: Guamá (94.610 habitantes – 25.703 domicílios), Marco (65.844 habitantes – 20.212 domicílios e Terra Firme (61.439 habitantes – 16.439 domicílios).

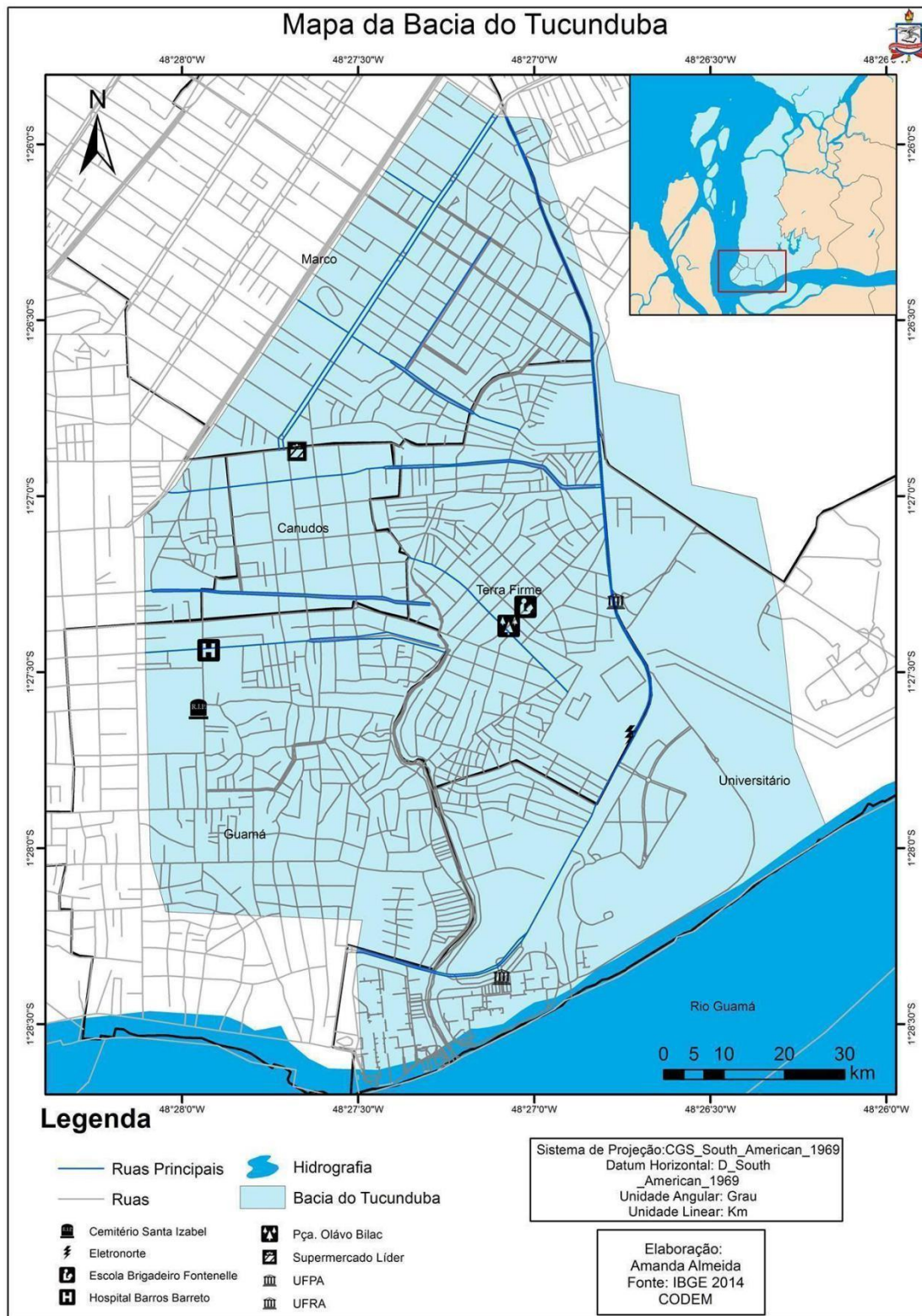


Figura 1- Mapa da Bacia Hidrografica do Tucunduba.

No bairro do Marco, está localizada uma das nascentes do rio Tucunduba, na Tv. Angustura entre a Av. Almirante Barroso e a Av. João Paulo II (Figura 2A). E a foz está dentro do território da Universidade Federal do Pará, à margem direita do rio Guamá



Figura 2- Trechos do rio Tucunduba em 2021; A) Nascente do rio Tucunduba em uma residência, e B) Foz do rio Tucunduba..

Ao longo da bacia, pode-se observar que cada bairro tem uma dinâmica com o espaço. E, além disso, as obras de intervenção urbana foram fatores determinantes para caracterizar a paisagem e seus usos, como observado na Figura 3A no “Canal Cipriano Santos” no bairro de Canudos, 3B na Avenida Celso Malcher no bairro da Terra Firme e 3C na Passagem Tucunduba no Bairro do Guamá. Que demonstram tanto etapas diferentes da mesma obra, como também bairros diferentes.



Figura 3- Trechos do rio Tucunduba A) Canal da Cipriano Santos, bairro de Canudos. B) Av. Celso Malcher, bairro da Terra Firme em 2018. C) Passagem Tucunduba, bairro do Guamá.

A BHT, como muitas bacias urbanas, sofre consequências da ocupação espontânea, falta de gestão de serviços e infraestruturas para garantir qualidade de vida, assim como problemas ambientais (poluição do ar, das águas e dos solos, impermeabilização dos solos, assoreamento, entre outros) e sociais (falta de acesso a saneamento, saúde, segurança pública e problemas de habitação) são eminentes neste contexto. Dessa forma, para mitigar alguns problemas, a BHT passa por uma série de transformações desde o início da Obra de Macrodrenagem, sendo esta dividida em etapas (Figura 4), descritas a seguir: Etapa 1 (P1) compreende desde a foz do Rio Tucunduba localizada na UFPA até a Rua dos Mundurucus; Etapa 2 (P2): Rua dos

Mundurucus a Rua 2 de Junho; e a Etapa 3 (P3) que abrange a Rua 2 de Junho até a Travessa Vileta.



Figura 4 – Mapa ilustrando as três etapas que delimitam o projeto atual da obra de macrodrenagem do Tucunduba.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Questionário de percepção dos moradores BHT

Foi realizado o levantamento da percepção socioambiental e de serviços e infraestruturas disponíveis em cada bairro (Guamá, Terra Firme, Canudos e Marco), visando o entendimento da realidade por parte da população local e a caracterização dos serviços existentes, das principais atividades antrópicas e seus impactos socioambientais. Para tanto, utilizou-se a técnica de entrevista semi-estruturada proposta por GASKELL (2002) a qual é composta por uma série de perguntas abertas e fechadas. Por conta da pandemia da COVID-19 e as necessidades de isolamento e distanciamento social, as entrevistas ocorreram por meio formulário eletrônico on-line, “GoogleForms”,

e disponibilizado livremente o link de acesso por aplicativos de mensagens instantâneas, redes sociais e e-mails direcionado a pessoas maiores de 18 anos. Os questionários foram aplicados a um total de 44 respondentes, no ano de 2020 e início de 2021.

O roteiro de entrevistas (APÊNDICE 1) é composto por 22 perguntas que buscaram analisar a percepção dos moradores sobre a qualidade socioambiental dos seus bairros, com base nos seguintes aspectos: qualidade do bairro, condições e ofertas de serviços, relação com a bacia hidrográfica, percepções ambiental dos moradores, obra de macrodrenagem, relatos em geral.

Como forma de aprofundamento em determinadas questões ambientais foram realizadas entrevistas não-estruturadas, denominada como não diretiva, por Richardson (1999), este tipo de entrevista caracteriza-se por ser totalmente aberta, pautando-se pela flexibilidade e pela busca do significado, na concepção do entrevistado, ou como afirma May (2004, p. 149) “permite ao entrevistado responder perguntas dentro da sua própria estrutura de referências”.

3.2.2 Cálculo baseado no Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU)

O Índice Qualidade de Vida Urbana (IQVU) é uma ferramenta que possibilita o monitoramento dos impactos e ações de intervenções públicas. Também, baseado neste índice, é possível avaliar em que áreas e/ou setores é necessário investimento de serviços urbanos. O cálculo do índice foi baseado no trabalho de Brasil (2004) aplicado na Bacia do Una, também na cidade de Belém. Os índices e indicadores utilizados estão descritos na Tabela 1.

Para isso, foram aplicados questionários com os moradores da BHT, considerando os seguintes aspectos: infraestrutura e serviços públicos, avaliação da obra e do bairro, em novembro de 2020.

Aos dados obtidos pelo questionário, foram atribuídas pesos (Tabela 2), destinada a auxiliar no cálculo de indicadores, realizado através de média aritmética ponderada (fórmula 1). Os conjuntos de indicadores formaram os índices que compõem o IQVU. Para o cálculo destes índices utilizou-se a média dos indicadores (fórmula 2). Assim como para o cálculo do IQVU, utilizou-se a média dos índices, que variou entre 0 a 1 (formulá 3).

O resultado foi obtido através das fórmulas:

$$indicadores = \frac{\left(\sum_{i=1}^n N^{\circ} \text{ domicílio} \times \text{peso}\right)}{N^{\circ} \text{ domicílios}} \quad indicadores = \frac{\left(\sum_{i=1}^n N^{\circ} \text{ domicílio} \times \text{peso}\right)}{N^{\circ} \text{ domicílios}} \quad (1)$$

$$índices = \frac{\left(\sum_{i=1}^n indicadores\right)}{N^{\circ} indicadores} \quad índices = \frac{\left(\sum_{i=1}^n indicadores\right)}{N^{\circ} indicadores} \quad (2)$$

$$IQVU = \frac{\left(\sum_{N=1}^n índices\right)}{N^{\circ} índices} \quad IQVU = \frac{\left(\sum_{N=1}^n índices\right)}{N^{\circ} índices} \quad (3)$$

Tabela 1- Detalhamento dos índices e seus respectivos indicadores utilizados.

ÍNDICE	INDICADORES
Infra-estrutura e serviços públicos	Presença de sistema de esgoto
	Disposição final de resíduos sólidos
	Periodicidade da Coleta de Lixo
Bairro	Avaliação do bairro
	Qualidade de vida no bairro
	Segurança no bairro
Obra	Avaliação da obra

Tabela 2 - Dados que serão utilizados para o cálculo dos índices.

OPINIÃO	PESO
Muito bom	1
Bom	0,8
Regular	0,6
Ruim	0,4
Péssimo	0,2

3.2.3 Índice simplificado de impacto ambiental

Com o intuito de compreender os impactos inerentes à ocupação humana foi utilizada a abordagem metodológica para a determinação do índice simplificado de impacto ambiental que foi aplicado através do método baseado na avaliação ambiental simplificada (AAS), segundo Salles et al. (2008) e Sardinha et al. (2010). Com objetivo de avaliar os impactos ambientais em bacias hidrográficas correlacionando a ocupação e uso do solo (eliminação ou modificação da cobertura vegetal, fauna, entre outros), com parâmetros de qualidade das águas (parâmetros físicos, químicos, visuais, entre outros). As etapas desenvolvidas foram as seguintes:

O primeiro passo consistiu em levantar e revisar as informações do uso atual dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Tucunduba, através levantamento bibliográfico, de perguntas específicas dos questionários (APÊNDICE 1), entrevistas não-estruturadas, observação-direta e imagens de satélite. Tal passo permitiu a caracterização ambiental deste ambiente e levantamento dos elementos que representavam os impactos na região analisada, que foi dividida em 3 pontos de amostragem (P1, P2 e P3), vale ressaltar que a escolha dos pontos está relacionada às etapas da Obra de Macrodrenagem do rio Tucunduba.

No segundo passo, seguiu-se com a seleção dos indicadores e seus respectivos pesos visando a identificação dos problemas relevantes (adaptado de Sardinha *et al.*, 2010), que foi definido em uma planilha, com o objetivo de padronização dos parâmetros observados (Tabela 3).

Tabela 3 - Indicadores ambientais e seus respectivos pesos, aplicados na bacia hidrográfica do Tucunduba/PA.

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno	
Sem vegetação	0
Com vegetação rasteira	1
Com vegetação arbustiva	2
Com vegetação arbórea	3
Impactos na cobertura vegetal	
Muito impacto sem vegetação	0
Médio impacto -50% de vegetação	1
Pouco impacto +50% de vegetação	2
Sem impacto	3
Fauna no entorno	
Ausência de animais nativos	0
Pouca presença de animais nativos	1
Moderada presença de animais nativos	2
Grande presença de animais nativos	3
Impactos na qualidade da água (tipo de esgoto)	
Muita presença de poluição (fossas negras)	0
Moderada presença de poluição (fossas sépticas)	1
Pouca presença de poluição (redes de esgoto/drenagem)	2
Sem impacto na qualidade da água (estação de tratamento)	3
Presença de proliferação de algas/espumas	
Forte	0
Moderado	1
Fraco	2
Ausente	3
Odor	
Forte	0
Moderado	1
Fraco	2
Ausente	3
Óleos	
Forte presença	0
Moderada presença	1
Pouco perceptível	2
Ausente	3
Resíduos sólidos	
Muito lixo	0
Pouco lixo	1
Lixo em latões/coletores	2
Ausente	3

Fonte: Adaptado de Sardinha et al. (2010).

Após o registro de pesos para cada indicador, somaram-se os respectivos pontos de cada parâmetro (mínimo de 0 e máximo de 24), sendo que, quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na região estudada. O valor entre 19 e 24 indica ser mínima ou pouca a presença de impacto, valores de 13 a 18 indicam moderada presença de impacto, valores de 7 a 12 indicam impacto alto ou preocupante e valores menores ou iguais a 6 indicam presença muito alta de impacto (Tabela 4).

Tabela 4 - Intervalo de valores e classificação de impactos dos indicadores biofísicos.

Classificação do Impacto	Intervalo de valores
Muito Alto	0 a 6
Alto ou Preocupante	7 a 12
Moderado	13 a 18
Mínimo ou Pouco	19 a 24

Fonte: Modificado de Sardinha et al. (2010).

A terceira etapa refere-se à avaliação das causas, definindo estratégias de manejo para as áreas analisadas, utilizando-se o modelo de PER (Pressão - Estado - Resposta), de acordo com Organization for Economic Cooperation and Development - OCDE (1993). Esse modelo baseia-se em três frentes: a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para a identificação das prováveis causas dos impactos ambientais e definição das estratégias de manejo. As categorias existentes de indicadores são as seguintes: a) Pressão: relacionados às pressões existentes nas atividades humanas sobre o meio ambiente; b) Estado: referentes às condições do meio ambiente, qualitativa ou quantitativamente, e com o objetivo de melhoria desses indicadores; c) Resposta: relacionados com a reação da população às modificações das condições ambientais, através de ações tomadas para mitigar as pressões ambientais e, assim, conduzindo à melhoria do meio.

3.2.4 Descarga de esgoto per capita

Uma importante ferramenta para a qualidade ambiental de corpos hídricos se refere a qualidade microbiológica da área. Assim, no intuito de compreender a quais possíveis impactos a BHT pode ser acometida devido à falta de infraestrutura

sanitária foi estimada a produção de esgoto pelos moradores de cada bairro, seguindo o método de Von Sperling (2007). Considerando que cada indivíduo produz cerca de 150 litros de esgoto por dia em áreas urbanas. A produção diária per capita de efluentes foi, portanto, estimada pela seguinte fórmula:

$$\text{Carga de Efluentes (m}^3/\text{dia)} = \frac{N \text{ }^{\circ}\text{habitantes} \times \text{carga de efluentes per capita (L/dia)}}{1000 \text{ (L/m)}} \quad (4)$$

Onde:

Carga de efluente (m³/dia)

Carga de efluente per capita (L/dia)

3.2.5 Avaliação de Impacto Ambiental da Obra de macrodrenagem na Bacia Hidrográfica do Tucunduba

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) busca identificar e analisar impactos ocasionados por intervenções antrópicas, além de propor medidas de mitigação de impactos negativos ou potencialização de impactos positivos. Um dos métodos mais utilizados para a AIA é o método de listagens (check-list) que foi utilizado nesta pesquisa. O método consiste na enumeração dos impactos nos meios físicos, bióticos e socioeconômicos. Os impactos foram descritos conforme detalhado abaixo:

1. Ação Geradora: Refere-se à identificação das causas propriamente ditas do impacto. Será explicitada a ação ou ações geradoras do impacto. Na ação geradora, um mesmo tipo de impacto poderá ter causas diversas, associadas às várias atividades do processo de execução do empreendimento.

2. Descrição e Análise: Descreve o processo de modificação do meio ambiente e os elementos afetados, analisando-se suas condições atuais e as condições resultantes das interferências das obras.

3. Classificação: Compreende a qualificação das modificações ambientais resultantes da obra, seguindo a seguinte classificação:

- Categoria do Impacto: Classificam-se os impactos como negativos (N) ou positivos (P);

- Tipo de Impacto: Discriminação dos seus efeitos, podendo ser direto (D) ou

indireto (I);

- Área de Abrangência: O impacto foi classificado, conforme sua área de abrangência, em local (L) e regional (R);

- Duração: É o tempo que o impacto atua na área em que se manifesta, variando entre temporário (T), permanente (P) e cíclico (C).

- Reversibilidade: Quando é possível reverter à tendência, levando-se em conta a aplicação de medidas para reparação do mesmo, ou a suspensão da atividade geradora, podendo então ser considerado reversível (Rv) ou irreversível (Ir).

- Magnitude: Levando-se em conta a força com que o impacto se manifesta, segundo uma escala nominal de forte (Fo), médio (M), fraco (Fr) e variável (V).

- Prazo: Considerando o tempo para o impacto se manifestar, sendo a curto (Ct), médio (Md) e longo prazo (Lg).

4. Medida Mitigadora ou Potencializadora: São as destinadas a prevenir impactos negativos ou reduzir sua magnitude e potencializar (quando o impacto é positivo) a alteração imposta ao meio ambiente em função da implantação do empreendimento.

Os dados foram obtidos por meio de observação direta com o auxílio de câmera celular foram realizadas para identificar/registrar alterações ambientais e/ou impactos socioambientais desta área devido a intensos usos antrópicos e também através dos relatos dos participantes da pesquisa.

Na realização dos estudos e análises de alterações ambientais foram utilizados como base os trabalhos desenvolvidos por Fadini (2005) e Santos (2004), sobre uso e ocupação do solo através captura de imagens de satélite de alta resolução do Google Earth; (montagem de mosaico de imagens para 2006 e 2020; utilizando-se como base o trabalho de Piva (2003) para a identificação e interação dos impactos socioambientais. Deste modo, um impacto foi considerado positivo, quando resultou numa melhoria da qualidade de uma característica ambiental e negativo, quando a ação resultou em um dano à qualidade de uma variável ambiental (Leopold, 1971 apud Tommasi, 1994).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA: UM OLHAR DOS MORADORES

De acordo com o Mapa das Desigualdades das Capitais Brasileiras, publicado em 2020, Belém está entre as cinco cidades com os piores indicadores. Da mesma forma, destaca-se como a cidade que apresenta as piores taxas de esgoto tratado, percentual de domicílios com coleta seletiva de lixo.

No que diz respeito ao processo de ocupação verifica-se que a implantação de infraestrutura e disponibilidade de serviços públicos não ocorreu de maneira homogênea na cidade, e também, não foi proporcional ao crescimento da população, especialmente nos bairros localizados ao longo da bacia do Tucunduba. Destacado assim a necessidade de ações de ordenamento dos assentamentos bem como investimentos em equipamentos e serviços básicos.

Tais aspectos podem ser comumente observados na distinção da oferta de serviços entre os bairros que compreendem a BHT, que são estes: Terra Firme, Guamá, Canudos e Marco. É importante ressaltar que, apesar de todos estes bairros estarem localizados na BHT, nem todos são 100% pertencentes a ela. Pode-se inferir que os bairros: Terra Firme e Canudos estão 100% na área da BHT, o Guamá, aproximadamente 52% e o bairro do Marco cerca de 42%. Contudo, estes bairros apresentam características socioambientais e de ofertas de serviços distintos, o que pode influenciar diretamente na qualidade ambiental da bacia.

Os resultados mostraram um percentual de 72,7% dos entrevistados residem a mais de 20 anos na região, 25% residem entre 2 a 19 anos, e apenas 2,3% há 1 ano ou menos. Com base na percepção dos entrevistados 52,3% sinalizaram que a qualidade de vida no seu bairro é regular, 31,8% respondeu ser ruim, aproximadamente 9% responderam ser de boa (6,8%) a muito boa (2,3%). O maior percentual de pessoas que avaliou de forma positiva a qualidade de seus bairros eram residentes dos bairros do Marco e Canudos, como demonstrado no Tabela 5

Tabela 5- Percepção dos entrevistados sobre aspectos do bairro.

	Parâmetro	Terra Firme (%)	Guamá (%)	Canudos (%)	Marco (%)
Tempo de residência	Menos de 1 ano	4,3%	0	0	0
	2 a 10 anos	8,7%	12,5%	75%	100%
	11 a 20 anos	4,3%	12,5%	0	0
	mais de 20 anos	82,7%	75%	25%	0
Qualidade de vida	Muito boa	4,3%	0	0	0
	Boa	8,7%	0	25%	100%
	Regular	56,5%	37,5%	75%	0
	Ruim	21,8%	56,3%	0	0
	Péssima	8,7%	6,2%	0	0
Serviços que precisam ser implementados ou melhorados	Abastecimento de água	65,2%	68,8%	100%	0
	Sistema de Esgoto	87%	87,5%	75%	0
	Coleta de lixo	34,8%	68,8%	0	0
	Drenagem	82,6%	81,2%	75%	0
	Segurança	65,2%	93,8%	100%	0
	Unidades de Saúde	78,2%	50%	75%	0
	Escolas/Creches	87%	68,8%	0	0
	Transporte	39,1%	25%	0	100%

Os entrevistados apontaram majoritariamente (57,6%) que os seguintes serviços e infraestrutura são necessários para a melhoria da qualidade de vida destes: sistema de esgoto (15,7%), drenagem (14,8%), segurança (14,4%) e abastecimento de água (12,7%) e 42,4% destacou serviços como: unidades de saúde, escolas/creches e transporte. As respostas são bem distintas entre os bairros, principalmente, nos periféricos como Guamá e Terra Firme. No bairro da Terra Firme os itens que precisam ser implementados ou melhorados foram: Sistema de Esgoto (87%), Drenagem (82,6%), Abastecimento de Água (65,2%) e Segurança (65,2%).

Enquanto que no bairro do Guamá, 93,8% dos entrevistados sinalizaram que Segurança é um dos itens que precisa ser implementado ou melhorado, seguido de Sistema de Esgoto (87,5%), Drenagem (81,2%), Abastecimento de Água (68,8%) e Coleta de Lixo (68,8%).

Contudo, no bairro do Marco, ciclovias, áreas de lazer e calçadas mais largas foram os itens mais demandados pelo participante. No bairro de Canudos, Segurança (100%) e Abastecimento de Água (100%) foram os itens mais citados pelos moradores.

A oferta de serviços de infraestrutura em alguns dos bairros são satisfatórios, enquanto que nos mais periféricos são mais precários, deixando visível a necessidade de uma gestão pública mais efetiva e eficiente para os moradores locais. A exemplo: a coleta de lixo, 43,5% dos moradores do bairro da Terra Firme entrevistados sinalizaram que a coleta de lixo na sua rua é realizada sem regularidade e 56,5% afirmou ser coletado com regularidade. Sendo que 65,2% afirmou que o resíduo é coletado três vezes por semana e 34,8% duas vezes por semana. Sobre a coleta de lixo no bairro do Guamá, 50% dos moradores entrevistados afirmaram que é realizada sem regularidade e 50% afirmou ser coletado com regularidade. Sendo que 12,5% afirmou que o resíduo é coletado mais de três vezes por semana, 43,8% três vezes na semana, 37,5% duas vezes por semana e 6,2% sinalizou que não há regularidade na coleta. Tais diferenças nas respostas são explicadas pela distinção de periodicidade das coletas dependendo da área ou da rua. Há ruas em que os caminhões coletores não conseguem acessar por serem estreitas, por exemplo.

Esse cenário pode ser ainda mais agravado, pois o acúmulo de resíduos em locais inadequados (*Figura 5*) pode ocasionar no transporte destes para o curso d'água, principalmente durante as fortes chuvas e alagamentos, como relatados pelos entrevistados.



Figura 5- A, B, C, D: Fotos retratando o descarte de resíduos na margem do Rio Tucunduba no trecho 1 da Etapa 1.

Ainda no bairro da Terra Firme, 21,7% afirmaram que os alagamentos na sua rua ocorrem constantemente, 69,6% sinalizou que alaga em alguns períodos e 8,7% afirmou não alagar. O mesmo padrão ocorre no bairro do Guamá, pois foi relatado por 6,2% dos moradores de alagamentos constantes, e 68,8% afirmaram que os alagamentos na sua rua ocorrem em alguns períodos, e apenas 25% que não alaga.

Assim, os moradores em sua maioria relatam cenários de alagamentos, esta problemática deve-se ao fato da bacia do Tucunduba ter predominância de áreas urbanizada, um sistema de drenagem ineficiente e um tipo de solo não permeável, que delinea um cenário favorável a ocorrência de inundações em diferentes regimes de cheias na bacia (Rodrigues 2019).

Essa problemática traz diversas consequências como: contato com água contaminada aumentando a possibilidade de transmissão de doenças por veiculação hídrica, como também prejuízos econômicos e psicológicos aos moradores da região afetada. Diversos são os danos materiais como destruição de imóveis, veículos, móveis, utensílios domésticos, perda de alimentos perecíveis, obstrução do trânsito e até interrupções no serviço de energia.

4.1.1 A dicotomia que integra a Bacia Hidrográfica do Tucunduba

A Bacia do Tucunduba na cidade de Belém-PA é constituída por doze canais: Igarapé Tucunduba, Caraparú, Mundurucus, Gentil Bittencourt, Nina Ribeiro, Santa Cruz, Cipriano Santos, Vileta, União, Leal Martins, Lauro Martins e Angustura (Barbosa 2003).

Historicamente o processo de ocupação dessa área se deu através de áreas institucionais pertencentes à União (UFPA, EMBRAPA, Museu Paraense Emílio Goeldi). Em seguida, foram realizadas ocupações espontâneas por populações migrantes do interior do Pará (Figura 6) fazendo-se necessárias intervenções nessas áreas. Durante esse período houveram vários usos da bacia e dentre eles destacam-se abastecimento de água, navegação (Figura 7), lazer e pesca (Silva 2016).

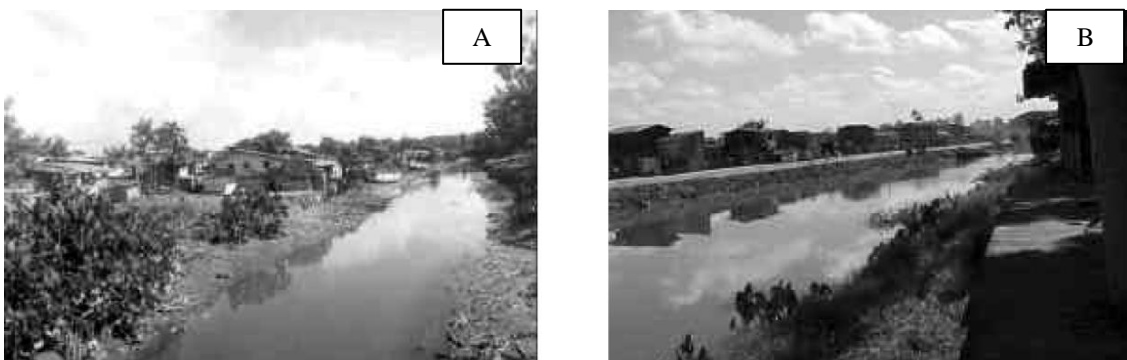


Figura 6 - A) Fotografia do rio Tucunduba antes da obra em 1998 B) Fotografia do rio após o início das obras do Projeto Tucunduba em 2001. Fonte: Barbosa (2003).



Figura 7 - A) e B) Fotografia mostrando a navegabilidade do rio Tucunduba em 2002.

Por estar localizada em uma área de alta concentração populacional, a pressão antrópica transformou os igarapés em canais de escoamento dos efluentes, alterando os leitos dos cursos d'água através do aumento da densidade das construções urbanas, redução da cobertura vegetal, da impermeabilização do solo, do lançamento de lixo e de esgotos.

Apesar dos parâmetros legais como a Lei Federal Nº 9.433/97, que prevê que todos os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica são considerados unidades de planejamento e gestão, no qual devem ser definidos seus limites e perímetro, para o diagnóstico dos principais problemas, potencialidade ou necessidades que possibilitem um melhor panorama da real situação dos recursos hídricos (Brasil, 1997). Ainda assim, a BHT sofre com o planejamento inadequado, esse aspecto é bem peculiar no território brasileiro, quando se fala de bacias urbanas.

A Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho em Fortaleza, onde está sendo executada uma obra, desde 2009 com previsão de finalização em 2022, com objetivo de melhoria das condições de habitabilidade da população que reside na faixa de alagamento em situação de alto risco, e nas áreas adjacentes ao Rio Maranguapinho; e recuperação sócio-ambiental do Rio Maranguapinho. No entanto, o espaço, está em um contexto de vulnerabilidades tanto ambientais como poluição, contaminação da água e assoreamento, mas também sociais como: moradias inadequadas, falta de saneamento básico, alagamentos e pobreza. (Almeida 2010).

Como citado pelos entrevistados a BHT possui relatos controversos em relação a obra, já que, ao mesmo tempo que relatam mudanças no ambiente, e de usos que eram recorrentes em décadas anteriores, como utilização do rio para lazer e locomoção, por

outro lado a obra possibilitou alterações na paisagem, relatadas como um espaço mais organizado, e outros problemas ambientais e sociais destacados pelos entrevistados: poluição e diminuição de espécies aquáticas, e permanência dos alagamentos. Abaixo trechos de algumas entrevistas sobre as modificações observadas ao longo do tempo na BHT:

“Em breve relato histórico, tenho conhecimento de que minha família (irmãos) e vizinhos tomavam banho no igarapé do Tucunduba por volta da década de 70-80. Desta forma, eles afirmam que o igarapé apresentava condições de uso voltados para a recreação de contato primário (banhos) e diversidade de espécies de peixes. (...)”

(Morador 1)

“Meus pais contam que antes a galera tomava banho. Bom, principalmente nesses últimos anos a obra do Tucunduba teve um progresso e o espaço está muito mais bonito, organizado e limpo.”

(Morador 2)

“Teve um aumento da poluição do rio e escassez de animais que eram muitos.”

(Morador 3)

“Os alagamentos se tornaram mais frequentes. As casas cederam mais e estão ficando abaixo do nível da rua em algumas partes.”

(Morador 4).

As modificações ambientais citadas pelos moradores, corrobora com Ferreira (1995), no qual descreve a paisagem na bacia do Tucunduba era constituída de muitas árvores nativas, muitas flores, muitos animais, e uma diversidade de peixes e uma mata de várzea.

As respostas também foram agrupadas em dois critérios de análise: pontos negativos e pontos positivos (Quadro 6). Todos os aspectos considerados pelos

entrevistados estão relacionados à execução da obra de macrodrenagem da Bacia do Tucunduba.

Tabela 6 - Pontos positivos e negativos da obra na percepção dos moradores.

PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Diminuição dos Alagamentos (40,9%)	Habitação e aspectos sociais (29,5%)
Melhores condições das vias e de tráfego de veículos (25%)	Persistência dos Alagamentos (20,4%)
Melhoria da Paisagem (15,9%)	Projeto da Obra (falta de transparência e de participação popular) (15,9%)
Limpeza e diminuição da poluição (11,4%)	Tempo e paralisação da obra (11,4%)
Organização e urbanização (6,8%)	Lixo e poluição (9,1%)
Sistema de Esgoto (4,5%)	Falta de obras de Saneamento pleno - não tratamento do esgoto (4,5%)
Habitação e aspectos sociais (2,27%)	Segurança (2,2%)
Segurança (2,2%)	Iluminação (2,2%)
Iluminação (2,2%)	Falta de Arborização (2,2%)

As melhorias mais citadas pelos moradores foram nos alagamentos (40,9%) e no trânsito (25%). Os alagamentos são ocasionados pela falta de infraestrutura, planejamento e gestão adequada dos cursos de água que cortam as cidades. Além disso, os riscos dos alagamentos e enchentes são agravados pela ocupação das margens dos rios, a canalização e a impermeabilização do solo. No caso da BHT, a obra foi projetada justamente com o objetivo de mitigar esses problemas.

“Algumas áreas melhoraram na questão dos alagamentos e das estruturas das ruas do bairro, principalmente das casas próximas ao canal.”

(Morador 5)

“A principal melhoria que percebo, refere-se à questão dos alagamentos das vias, possibilitando um melhor escoamento das águas pluviais.”

(Morador 6)

Com a abertura de novas ruas e pavimentação de ruas já resistentes, houve melhoria no trânsito e locomoção intra e interbairros. E também, como citado por um dos moradores, também houve melhora das condições no tráfego hidroviário.

“Melhoria na locomoção e mais alternativas de caminhos para entrar e sair do bairro.”

(Morador 7)

“Pavimentação de algumas ruas. No geral a fluidez do trânsito e do transporte hidroviário pelo rio.”

(Morador 8)

Sobre os pontos negativos mais citados pelos moradores estão relacionados a parte social da obra (29,5%) e a persistência dos alagamentos em pontos específicos tais como: (20,4%). No caso da parte social da obra, foram citados os seguintes problemas: valores insuficientes de indenização ou aluguel social; conjuntos habitacionais que não foram entregues ou com atraso na entrega; mau planejamento e falta de ações eficazes para atender as famílias prejudicadas e também não consulta da população para as tomadas de decisões sobre moradia.

Segundo a Agência Pará, a agência de notícias oficiais do Governo do Pará, até Março de 2021, foram realizadas 513 negociações com moradores do terceiro trecho da obra, incluindo pagamento de auxílio aluguel e indenizações.

“A questão habitacional, infelizmente a maioria das famílias que foram retiradas do entorno do Rio e por onde a obra foi efetivada não recebeu/ recebe uma boa indenização do Estado.”

(Morador 9)

“Acho que um dos principais problemas foi a forma como a obra foi conduzida. Além de não ser transparente e participativa, ela não compartilhava nenhum plano ou suporte para os moradores que moravam perto da obra, não dando oportunidade de uma negociação justa e nem

um preparo, o que acabou por despejar várias famílias que moravam a vida inteira no território.”

(Morador 10)

E, apesar da diminuição dos alagamentos ter sido apontada como ponto positivo, outros moradores pontuaram que houve um aumento dos alagamentos em alguns trechos, sendo citado entre pontos negativos por 20,4% dos entrevistados. É necessário ressaltar que as obras de drenagem, em regiões urbanas, precisam ser realizadas com uma visão integrada da bacia. Isso porque, quando a contenção dos problemas de alagamento é o próprio objetivo da obra, é recorrente que aconteça uma transferência de locais de alagamento, o que muito provavelmente está acontecendo na BHT.

4.1.2 Contextualizando a Obra de Macrodrenagem do Tucunduba

Ao longo dos anos são perceptíveis as modificações na paisagem da Bacia Hidrográfica do Tucunduba, em decorrência, principalmente, da Obra de Macrodrenagem, que a cada etapa da obra evidencia profundas mudanças neste corpo hídrico.

Para melhor compreensão será analisando cada etapa da obra. A Etapa 1 inicia da foz do Tucunduba dentro da Universidade Federal do Pará (UFPA) e finaliza na Rua dos Mundurucus. Para facilitar as análises, a Etapa 1 será dividida em 2 trechos, isso porque apesar de fazerem parte de uma mesma etapa ambos têm características muito distintas, em decorrência das mudanças de projeto ao longo do tempo. O Trecho 1 inicia na foz rio, dentro da UFPA e segue até a ponte sobre o rio Tucunduba que liga a Passagem Tucunduba e a Rua São Domingos, no bairro do Guamá (Figura 8)



Figura 8 - Imagem Google Earth – Etapa 1 – Trecho 1 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.

Esse trecho é caracterizado por preservar as margens arborizadas, a navegabilidade e o leito do rio mais próximo ao natural. Essas características favorecem a relação do morador com o rio, ao longo deste trecho os moradores costumam sentar à beira do rio, estender roupas sob a sombra das árvores e aportam suas embarcações ao longo do trecho. Essa área de vegetação preservada, deve-se ao fato de que parte da bacia hidrográfica se encontra em áreas de instituições governamentais (UFRA e UFPA e EMBRAPA) (Rodrigues, 2019). Apesar da obra nesse perímetro já ter sido finalizada, ainda há partes onde as palafitas permanecem. (Figura 9 A, B e C).



Figura 9 - Fotografia de pontos ao longo da Etapa 1 – Trecho 1 da Bacia Hidrográfica do Tucunduba em 2021: A) Foto sobre a ponte que liga a Passagem Tucunduba e a Rua São Domingos, no bairro do Guamá; (B) Foto sobre a ponte da Passagem Tucunduba, e C) Trecho da Passagem Tucunduba.

O Trecho 2 da Etapa 1 está localizado a partir da Ponte que liga a Avenida Tucunduba a Rua São Domingos até a Rua dos Mundurucus (Figura 10). Possui características bastante diferentes do Trecho 1 da mesma etapa.

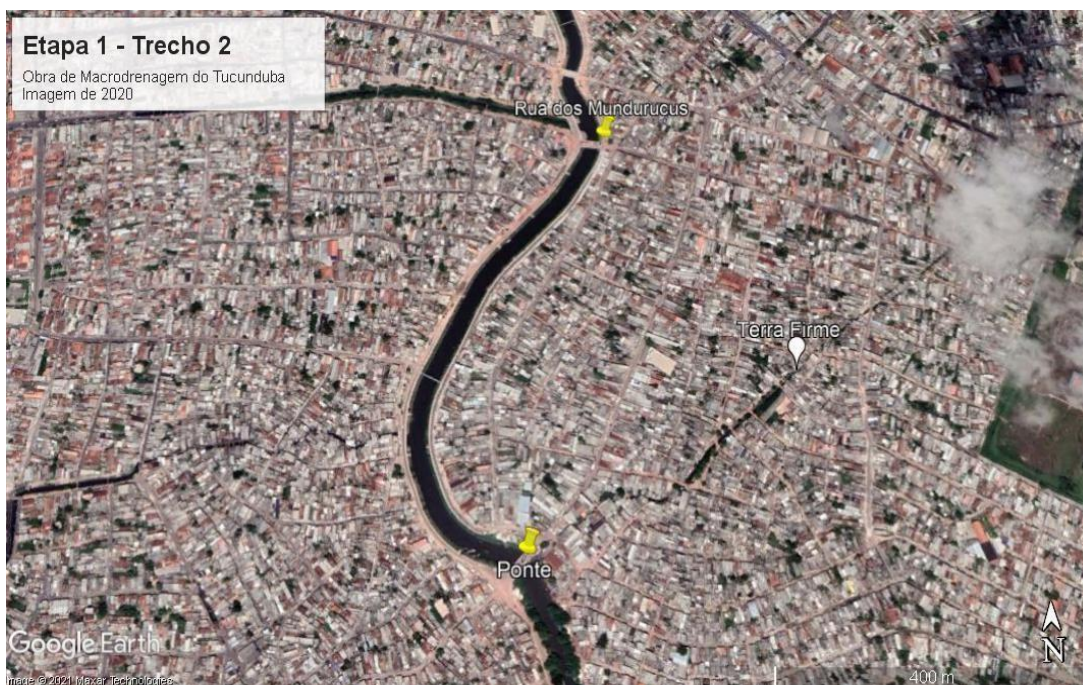


Figura 10 - Imagem Google Earth – Etapa 1 – Trecho 1 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.

Apesar de manter a navegabilidade, os pontos de arborização são quase menores que o trecho anterior, as margens foram revestidas de grama, o leito possui formato de trapézio e foram construídas escadas (uma solicitação da população - segundo os moradores) para que os barqueiros pudessem ter acesso facilitado ao rio. Apesar desse trecho ter aspecto de orla, a ausência de arborização não favorece que os moradores da região tenham uma relação mais próxima ao rio, diferentemente do trecho anterior (Figura 11).



Figura 11 - Etapa 1 - Trecho 2 da Obra de Macro drenagem do Tucunduba A) Imagem do Google Maps de Abril de 2020; B) Fotografia Maio de 2021.

A Etapa 2 compreende a Rua dos Mundurucus até a Rua 2 de Junho (Figura 12), passando por uma das principais vias de acesso do Bairro da Terra Firme a Avenida Celso Malcher.



Figura 12 - Imagem Google Earth – Etapa 2 da Obra de Macro drenagem do Tucunduba em 2020.

Na Figura 13 é possível visualizar as mudanças que ocorreram ao longo do processo da obra, que apesar de estar retratado apenas um ponto (Ponte da Celso Malcher), essas modificações ocorreram em toda a extensão do curso do rio: remanejamento da população que residia nas palafitas ao longo do rio, remoção das casas, dragagem do rio, aterramento das margens, instalação da infraestrutura de drenagem, abertura de novas ruas, instalação de parapeito e construção de calçadas. Estruturalmente a Etapa 2 é muito semelhante à Etapa 1, no entanto algumas pontes são mais baixas o que dificulta a navegabilidade no local.



Figura 13 - Etapa 2 da Obra - Ponte da Celso Malcher. A) Imagem do Google Maps de Julho/2012; B) Imagem do Google Maps de Julho/2017; C) Imagem do Google Maps de Outubro/2018; D) Imagem do Google Maps de Julho/2019; E) Imagem do Google Maps de Março/2020; F, G, H) Fotografia de Maio/2021.

A 3ª Etapa compreende a Rua 2 de Junho até a Travessa Vileta (Figura 14). E atualmente ainda não houveram modificações estruturais no local. No entanto, as negociações com os moradores das áreas já iniciaram para que ocorra a desapropriação dos imóveis necessários para que a obra estrutural possa iniciar.

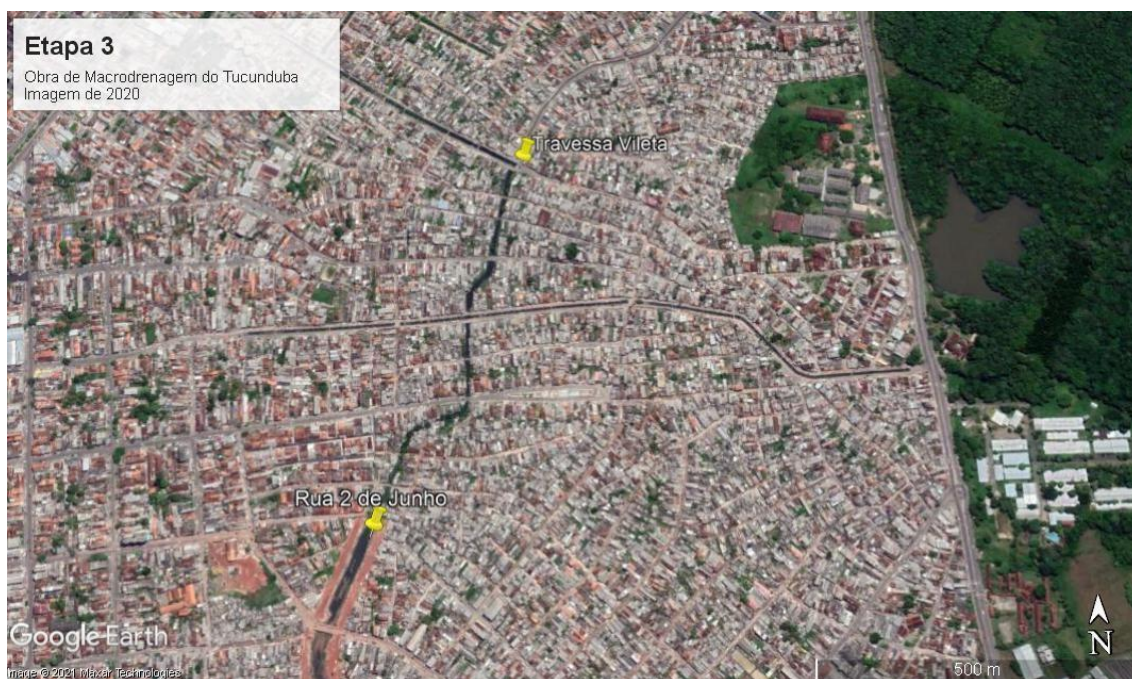


Figura 14 - Imagem Google Earth – Etapa 3 da Obra de Macrodrenagem do Tucunduba em 2020.

4.1.3 Análise comparativa ao longo dos anos da obra de macrodrenagem do Tucunduba

Analisando as Figura 15 A e B é visível o alargamento do rio, e também apesar da intervenção da obra o curso próximo ao natural se manteve. Comparando a Figura 15 C e D é possível observar a diminuição de cobertura vegetal (observação sinalizar com linhas na imagem). Já nas imagens é possível perceber o avanço da obra nos anos de 2018 a 2020, com uma delimitação muito perceptível da margem do rio e o prosseguimento da diminuição da cobertura vegetal na margem do rio.



Figura 15 - Imagens do Google Earth da Etapa 1 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.

Nas Figura 16 A, B, C, D, E e F é possível observar avanço da Etapa 2, acompanhar o processo de remoção das residências para que, de fato, a partir do ano de 2016 ocorresse a fase infraestrutural da obra.

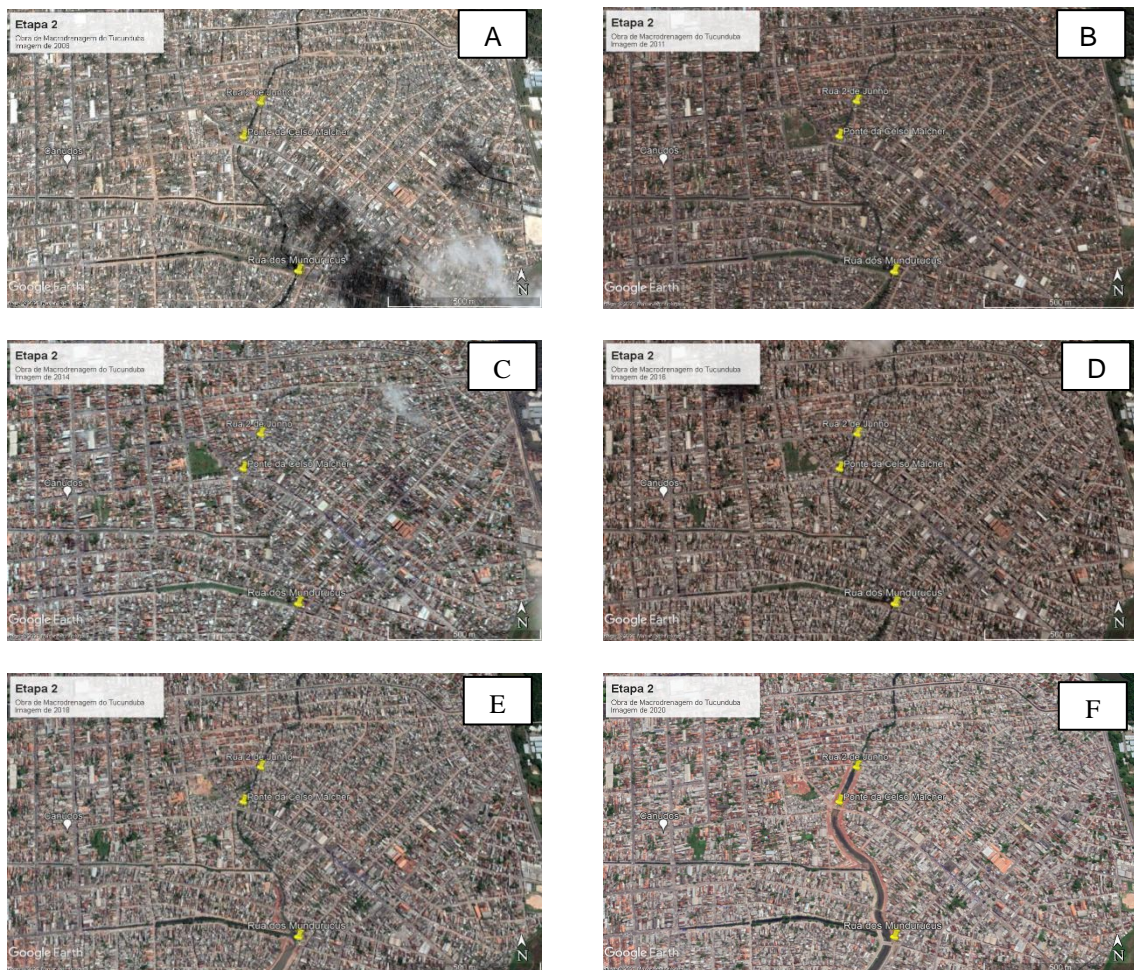


Figura 16 - Imagens do Google Earth da Etapa 2 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.

Etapa 3 é a mais recente, por isso ainda não há modificações infraestruturais de fato, no entanto é possível observar na Figura 17 o desafio que é interferir em um espaço com o adensamento urbano consolidado.



Figura 17: Imagens do Google Earth da Etapa 3 da Obra A) 2006; B) 2011; C) 2014; D) 2016; E) 2018; F) 2020.

4.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DE VIDA URBANA

A partir da análise das respostas dos participantes da pesquisa, o Índice de Qualidade de Vida Urbana na Bacia Hidrográfica do Tucunduba é aproximadamente 0,6. Considerando o que a escala do IQVU vai de 0 a 1 e de acordo com a Quadro 6, pode-se afirmar que o IQVU na BHT é regular, o que é condiz com a percepção dos moradores. De forma geral, a maioria dos indicadores analisados apresentaram uma pontuação média de 0,6 como detalhado no Quadro 6. Esse valor demonstra a precariedade dos serviços e evidencia a fragilidade da gestão urbana nesses locais. |

Apenas dois indicadores tiveram como resultado peso maior que a média citada anteriormente: 1) Tipo de Coleta de Lixo, no qual a média do peso das respostas foi 1, ou seja, muito bom, esse indicador se refere a oferta do serviço de coleta de lixo, que existe em todos os bairros; e 2) Periodicidade da Coleta de Lixo, sendo a média de 0,8, sendo considerado como Bom.

Contudo, pode-se perceber uma diferença na pontuação atribuída entre bairros (Tabela 7), no item periodicidade da coleta, no qual os bairros Guamá e Terra Firme obtiveram 0,7 pontos, devido a falta de regularidade da coleta de lixo, ocasionando assim no descarte inadequado de resíduos sólidos.

Tabela 7 - índice de Qualidade de Vida Urbana, Pontuação de indicadores por bairros e total.

ÍNDICE	INDICADORES	Marco	Canudos	Terra Firme	Guamá
Infra-estrutura e serviços públicos	Presença de sistema de esgoto	0,2	0,6	0,6	0,5
	Disposição final de resíduos sólidos	1	1	1	1
	Periodicidade da Coleta de Lixo	1	0,8	0,7	0,7
Bairro	Avaliação do bairro	0,8	0,6	0,6	0,6
	Qualidade de vida no bairro	0,6	0,6	0,5	0,7
	Segurança no bairro	0,6	0,6	0,4	0,4
Obra	Avaliação da obra	0,2	0,5	0,6	0,6
IQVU TOTAL DOS BAIROS		0,5	0,6	0,6	0,6

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/2010) dispõe o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações para alcançar a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos em território nacional (Lei nº. 12.305 - Brasil 2010). Entre as metas principais estão: 1) fechamento dos lixões e substituição por aterros sanitários; 2) estabelecimento novos instrumentos no gerenciamento de resíduos, como a gestão integrada de resíduos, a logística reversa e a responsabilidade compartilhada do gerenciamento; 3) e instituição dos planos nacional, estaduais, municipais e locais de gestão integrada de resíduos sólidos;

A nível municipal foram implementados os Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) que é destinado a implantar ações de gerenciamento integrado de resíduos sólidos em Belém de maneira a:

I – minimizar os impactos ambientais decorrentes de resíduos remanescentes de atividades do homem, assegurando a preservação do meio ambiente;

II – promover o incentivo à redução e à minimização da geração de resíduos de atividades humanas, bem como sua reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final;

III – implantar ações relativas a todos os aspectos do processo de gerenciamento de resíduos sólidos, desde a geração até o destino final, passando pelo acondicionamento, coleta seletiva ou tradicional, tratamento, reciclagem e comercialização de materiais recicláveis e de composto orgânico;

IV – incentivar a reciclagem e o tratamento de resíduos oriundos das atividades urbanas e dos serviços de saúde que não sejam contaminantes;

V – otimizar a utilização do aterro sanitário a ser implantado, de forma a aumentar sua vida útil;

VI – estimular o desenvolvimento de tecnologias e de equipamentos de gerenciamento ambientalmente adequadas a resíduos sólidos urbanos e de serviços de saúde;

VII – promover a formação e capacitação de recursos humanos envolvidos no gerenciamento integrado de resíduos sólidos;

VIII – implantar ações coordenadas que visem à educação ambiental.

No entanto, é importante evidenciar que a Região Metropolitana de Belém (RMB) sofre com a falta de gestão dos Resíduos Sólidos, e até o ano de 2015 todo o resíduo gerado pela RMB era destinado ao “Lixão do Aurá” sem nenhum controle e proteção ambiental, ocasionando impactos como contaminação do ar, aparecimento de vetores de doença, alteração da qualidade do solo e conseqüentemente diversos problemas sociais.

Com a desativação do Lixão do Aurá, a partir das exigências do PNRS foi instalado o Aterro de Marituba. E, desde então, o aterro recebe cerca de 40 mil toneladas de resíduos diariamente, mas possui irregularidades técnicas e é alvo de protestos de moradores do município de Marituba. As empresas, Guamá Tratamento de Resíduos Ltda e Revita Engenharia S.A., responsáveis pela operação do aterro respondem a cinco ações movidas pelo Ministério Público do Estado do Pará (MPPA) por crimes ambientais, irregularidades na licitação e nas licenças obtidas para operar o aterro.

Em 2017, a prefeitura do município de Marituba decretou “situação de emergência” por conta de impactos socioambientais e econômico como: o acúmulo de chorume, além da capacidade do sistema de drenagem do aterro, odor, aumento de atendimento nas unidades de saúde, fechamento dos comércios e prejuízos econômicos.

Atualmente o Aterro está prestes a ter suas atividades interrompidas, podendo operar até o dia 30 de setembro de 2021 e até o momento não há outro local para a deposição e disposição dos resíduos coletados nos municípios de Ananindeua, Belém e Marituba. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, aprovada em 2010 ressalta a responsabilidade compartilhada, da sociedade como um todo – cidadãos, governos, setor privado e sociedade civil organizada, pela gestão ambientalmente correta dos resíduos sólidos.

O tópico segurança obteve uma pontuação baixa de forma geral, porém nos bairros Guamá e Terra Firme obtiveram 0,4 pontos, tais bairros são periféricos e demandam maiores serviços de segurança local. De acordo Lima & Amorim (2009), o conceito de qualidade ambiental urbana está diretamente ligado ao conceito de qualidade de vida urbana, uma vez que a qualidade ambiental está relacionada com as condições ideais do espaço habitável, em termos de conforto relacionados aos aspectos

ambientais, biológicos, econômicos, produtivos, sócio-cultural, tecnológica e estética em sua dimensão espacial.

Assim, a qualidade ambiental urbana pode ser considerada como um equilíbrio entre elementos da paisagem através de um ordenamento do espaço, conciliando principalmente os benefícios da vegetação com os diversos tipos de usos do solo através de um planejamento (Lima & Amorim, 2009). Contudo, temos um índice Regular para a qualidade de vida urbana ao longo da BHT, com isso, pode-se considerar que a qualidade ambiental é afetada pela falta de condições ideais deste espaço, como também já evidenciado pelos moradores.

4.3 ÍNDICE SIMPLIFICADO DE IMPACTO AMBIENTAL

O índice é aplicado em ambientes degradados para a verificação das causas e efeitos em relação aos impactos, provendo subsídios para o estudo de soluções, além da minimização desses impactos provocados pelas ações antrópicas.

Assim, os resultados demonstraram que o Ponto 1 indicou um índice igual a 8 (Tabela 8), classificado como “impacto alto ou preocupante”. Este resultado está relacionado à degradação ambiental verificada durante as atividades de avaliação in situ e com base na percepção dos moradores locais, no qual foi observado o impacto relacionado principalmente à diminuição da cobertura vegetal ciliar no entorno. Contudo, vale ressaltar que apesar do P1 está classificado como vegetação rasteira, contudo, há trechos em que ainda há a predominância uma mata ciliar parcialmente preservada (áreas institucionais pertencente à UFPA até a Ponte da Passagem Tucunduba) onde ainda há a predominância de vegetação ciliar parcialmente preservada, além da presença moderada a pouca de animais.

Esse cenário descrito ou classificado acima, é peculiar ao processo de urbanização no entorno de Bacia Hidrográficas, trabalhos desenvolvidos na Bacia do rio Verde em Ponta Grossa, Paraná (Cruz, 2020), na Bacia do rio Kishwaukee, Estados Unidos da América (Choi & DMato, 2008), entre da migração ou extinção de nativos espécies, e o uso do solo induzido pela urbanização causam mudanças e afetam os processos do ecossistema, como produtividade primário, decomposição, ciclagem de nutrientes e estrutura do ecossistema dos rios urbanos.

Tabela 8 - Resultado do Índice Simplificado de Impacto Ambiental.

Pontos	Pontuação Alcançada	Classificação do Impacto
P1	8	Alto ou Preocupante
P2	7	Alto ou Preocupante
P3	6	Muito Alto

O ponto 2 se assemelha ao P1, em relação à degradação da vegetação ciliar em determinados locais, porém os parâmetros mais preocupantes estão relacionados ao de lançamento de efluentes líquidos sem tratamento no entorno da BHT.

Nos pontos 1 e 2, os trechos do rio também são utilizados para navegação, o que pode justificar a presença moderada de espuma e de óleo nestes pontos do rio.

Por outro lado, o P3 apresentou um impacto considerado muito alto (6) pela ausência de cobertura vegetal no entorno (imagens de satélite da Figura 18), além da pouca presença de animais nativos, e vários problemas relacionados à presença forte de odor, excesso de lixo descartado ao longo das vias às margens do rio Tucunduba, presença de algas que podem ser indicadores de contaminação (podendo ocasionar eutrofização da água), entre outros. Contudo, este ponto recebeu uma pontuação diferenciada do item presença de óleo que é pouco, uma vez que nesse trecho não há mais nenhuma navegabilidade, devido o estreitamento do canal.

Ao longo do tempo, com a evolução do processo de urbanização ocasionou o adensamento populacional, ocupação de áreas e a consequente redução de 755% na área de vegetação nativa do rio, no período de 1972 para 2006 (Matos *et al.*, 2011).

A Figura 18 retrata imagens representativas da evolução da urbanização ao longo dos anos 1972 a 2006 na BHT. Ressalta-se que no ano de 2006 há melhor visibilidade do canal principal devido à implantação do plano de macrodrenagem iniciado em 2000.

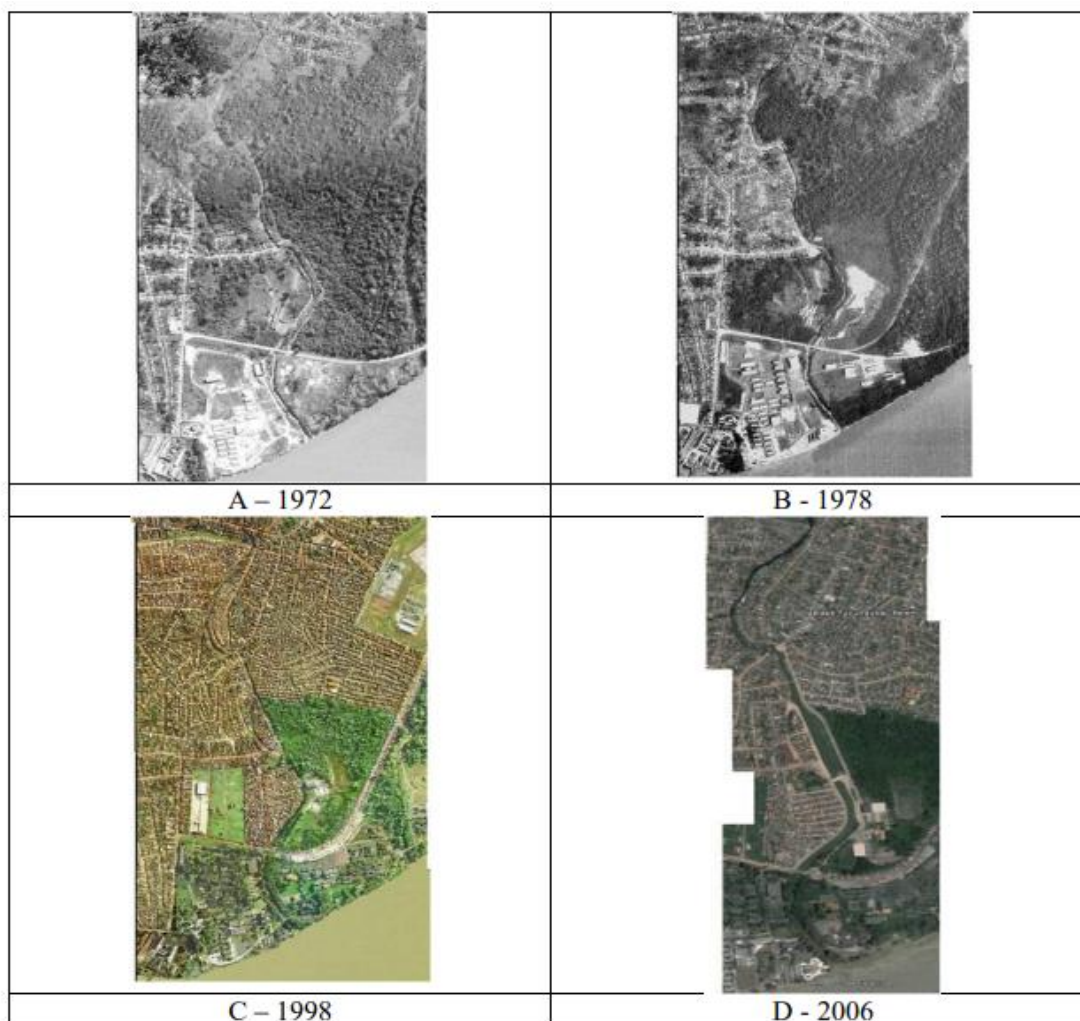


Figura 18 - Evolução da urbanização ao longo dos anos 1972 a 2006 na Bacia Hidrográfica do Tucunduba. Fonte: Targa *et al.* (2012).

Para ambos os pontos deve-se considerar o parâmetro que se refere aos impactos na qualidade da água (tipo de esgoto), no qual P1 e P3 foram classificados como pouca presença de poluição por possuírem redes de drenagem e /ou esgoto (conforme relatado pelos moradores). Contudo, durante as entrevistas não-estruturadas foi explicado como acontece a coleta desses resíduos, que há uma rede coletora, porém o descarte é realizado em um dos canais fluviais do rio Tucunduba, sem qualquer tratamento. É interessante ressaltar que no P1, onde está localizado o Conjunto Habitacional Liberdade, há o projeto de construção de uma estação de tratamento para esse local, contudo ainda não foi finalizado.

Outro parâmetro se refere à resíduos sólidos pela presença excessiva descartado em lugares inapropriados, todos os pontos foram classificados como muitos resíduos dispersos, o resultado do índice valida as percepções de moradores em relação a falta de regularidade nas coletas, o que acarreta o despejo nas vias e margem do canal. O descarte inadequado resulta em uma das mais graves causas de poluição do solo, podendo a afetar o lençol freático e, conseqüentemente, os mananciais de águas subterrâneas (Gouveia, 2012).

Os resultados gerados através da avaliação de impacto ambiental simplificada demonstram que os trechos analisados apresentam impactos ambientais consideráveis (seja alto ou muito alto) na BHT. Assim, condensamos as informações na

Tabela 9 sobre as estratégias (respostas) sugeridas mediante os principais resultados. Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (Ocde 1993), foi possível identificar algumas estratégias de manejo. Todos esses impactos poderiam ser corrigidos por uma administração pública mais eficiente em relação à gestão ambiental municipal. Algumas medidas de manejo poderiam ser adotadas para reduzir esses impactos, tais como:

- Cumprimento da legislação de recursos hídricos,
- Recuperação de áreas degradadas;
- Controle e planejamento da expansão urbana;
- Estrutura adequada de prestação de serviços e sinalização;
- Coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos;
- Sistema de tratamento de efluentes.
- Projetos de educação e promover ações participativas com a sociedade

Tabela 9 - Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis.

Indicadores	Pressão	Estado	Resposta
Cobertura vegetal	Desmatamento para áreas agrícolas e urbanas	Vegetação composta por gramíneas ou ausentes devido a impermeabilização do solo	Cumprimento legal da PNRH e recuperação das áreas degradadas, controle e planejamento adequados à expansão urbana
Fauna	Perda da biodiversidade	Não há presença de animais nativos	Recuperação das áreas degradadas
Qualidade da água (tipo de esgoto)	Lançamento de efluentes	Despejos "in natura" de esgoto	Sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os bairros ao longo da BHT
Presença de proliferação de algas/espumas	Lançamentos de efluentes e resíduos sólidos	moderada presença	Proibição de descarte de efluentes na bacia e coleta de resíduos periódica nos bairros.
Odor	Descarte de resíduos sólidos a céu aberto	moderada presença	Implementação de coleta regular no entorno da bacia
Resíduos sólidos	Poluição do atrativo	Alta quantidade de lixo	Regularização do Aterro Sanitário, estruturação e sinalização do local para a coleta e disposição adequadas dos resíduos

4.4 DESCARGA DE ESGOTO PER CAPITA

Através do cálculo de descarga de esgoto per capita é possível aferir que diariamente o bairro que mais produz e assim lança uma carga maior de efluente é o bairro do Guamá podendo lançar 14.191,5 m³ de efluentes. É interessante destacar que 37,5% dos moradores entrevistados deste bairro, não conheciam o tipo de esgotamento, 31,25 % afirmaram ser Rede de Drenagem, 18,75% Fossa séptica e 12,5% Rede de esgoto.

Estudos realizados por Aguiar (2000) no rio Tucunduba, observou que a ausência de coleta de esgoto, sobretudo nas áreas mais baixas da bacia, este é um fator de degradação ambiental, em que as águas negras vertem para o rio através de vários receptores (valas laterais das ruas, canais, rede de microdrenagem e solo, comprometendo assim o lençol freático), tornando assim, imprópria a água para outros usos, assim como favorecendo também a propagação das doenças de veiculação hídrica.

Estudos apontaram que as principais doenças que acometiam a população que vivia às margens do igarapé Tucunduba no ano de 2000 foram doenças gastrointestinais (46% da população estudada) e esquistossomose e leptospirose (23%), estes dados são anteriores ao projeto de saneamento integrado da bacia do Tucunduba (Aguiar, 2000). Contudo, pesquisa desenvolvida por Rebelo *et al.* (2018), aponta que as mesmas doenças continuam a ser contraídas pela população em proporções semelhantes ao registrado anteriormente às obras, e foi evidenciado hábitos, especialmente de crianças, de tomar banhos e utilizar o rio como área de lazer.

Nos bairros da Terra Firme e Marco 9.215,85 m³/dia e aproximadamente, 10,000 m³/dia, respectivamente. Os respondentes (30,4%) da Terra Firme afirmaram que o tipo de esgoto é Fossa Séptica, 26,1% respondeu ser Rede de drenagem, 21,7% não souberam identificar, 17,4% afirmaram ser Rede de Esgoto e 13% a céu aberto.

O único respondente do bairro do Marco não soube sinalizar qual o tipo de esgotamento presente. E no bairro de Canudos 50% dos participantes afirmaram que o tipo de esgotamento é Rede de Esgoto e 50% afirmou que não sabe dizer qual o tipo de sistema de esgoto.

Devido à falta de estações de tratamento de água, esses efluentes não recebem o

tratamento recomendado por os critérios do CONAMA (Resolução nº 274/2000), e são dispensados diretamente para os corpos hídricos. Esta características é comum na Região amazônica, como mostra estudos realizados por Gorayeb (2008) e Monteiro *et al.* (2016) na Bacia Hidrográfica do estuário do Rio Caeté, que poderia chegar a produzir até 12,000 m³ por dia de efluentes de esgoto, e todos são lançados diretamente no estuário do rio Caeté (Figura 19).

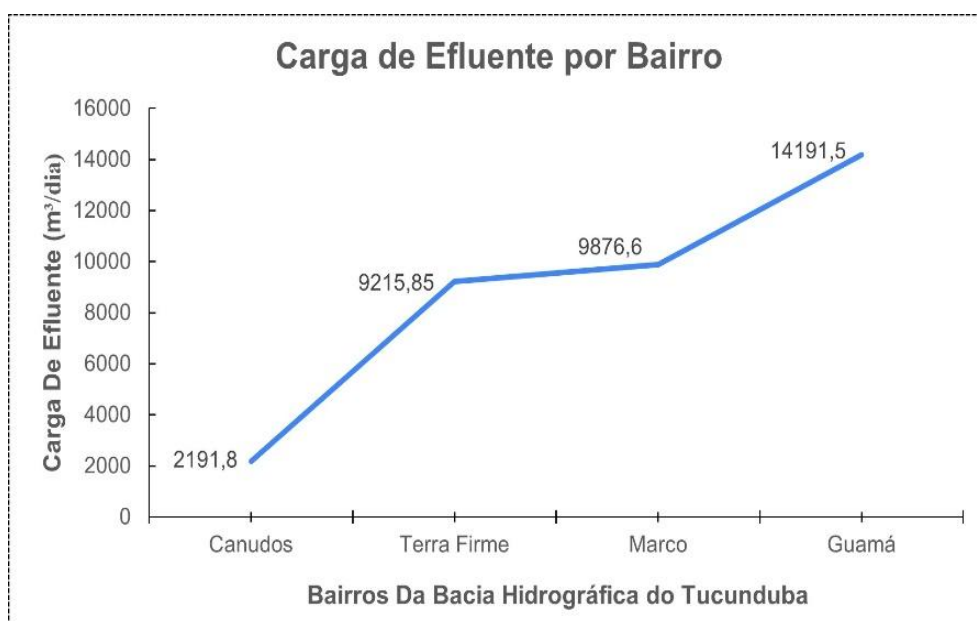


Figura 19 - Carga de efluentes por bairros da Bacia Hidrográfica do Tucunduba.

Figura 20 - Carga de efluentes por bairros da Bacia Hidrográfica do Tucunduba.

Segundo o Instituto Trata Brasil, o Pará está entre os 5 estados que menos investiu em saneamento básico entre 2014 a 2018. Segundo o relatório de 2021, 13 municípios se mantiveram desde 2014 dentre os últimos colocados do Ranking, sendo três localizados no estado do Pará, além disso, Ananindeua (PA) e Santarém (PA) e Macapá (AP) estiveram nas 10 últimas colocações que contemplam as 100 maiores cidades do Brasil. No Pará, 55% da população não tem acesso à água, 94% da população não possui acesso a coleta de esgoto e apenas 4% do esgoto é tratado.

O fato de Belém ser a 4ª pior cidade em saneamento básico do país também reflete diretamente no acesso da população a sistemas de esgoto. E quando se refere de tratamento de esgotos, Belém está entre os municípios que apresentaram indicadores abaixo da média nacional, onde apenas 2,82% do esgoto gerado no município é tratado. Sabe-se que em Belém, em épocas chuvosas acentuam-se os alagamentos e,

consequentemente, os riscos de contaminação da população situada em áreas alagáveis. E, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), esse déficit nas políticas de saneamento básico custa ainda mais caro aos cofres públicos, já que as despesas com o tratamento de saúde aumentam consideravelmente. Dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento) afirmam que cerca de R\$14 milhões são direcionados para o tratamento de doenças de veiculação hídrica em 2018 na região Norte.

É importante ressaltar também que, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS (Brasil 2004), estima-se que cidades que contam com uma rede completa de esgotos têm os melhores índices de desenvolvimento humano e menor quantidade de pessoas necessitando de serviços de saúde.

4.5 IDENTIFICAÇÃO E INTERAÇÕES DOS PRINCIPAIS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA ÁREA

Entre os 6 impactos elencados: 4 eram negativos e apenas 2 positivos. Os impactos positivos estão relacionados a:

1) aumento da vazão do rio (meio físico) devido a dragagem e alargamento do rio e o que contribui diretamente para um melhor fluxo da água; e 2) aumento da navegabilidade do rio (meio antrópico) favorecida pelo aumento da vazão do rios citado anteriormente e suas causas.

Os impactos negativos são a consequência de uma intervenção em um ambiente de bacia hidrográfica urbana:

1) alteração do microclima (meio físico) devido a não implementação de cobertura vegetal que se adequasse ao ambiente, favorecendo a formação de ilhas de calor, fazendo com que em alguns pontos a sensação térmica seja mais agradável do que as demais e em outros desagradável; 2) diminuição da arborização (meio biótico) ao longo desta etapa devido a introdução de espécies que não se adaptaram ao local; 3) aumento da poluição do rio (meio biótico) devido ao acúmulo de resíduos sólidos pois, não há local adequado para destiná-los, coleta de resíduos é irregular além do despejo de esgoto doméstico; e 4) degradação local (meio antrópico) por conta da falta de manutenção das ruas, calçadas ocasionando ruas esburacadas e não sinalizadas, calçadas quebradas, problemas de iluminação.

É importante ressaltar que dentre os impactos negativos, 2 foram considerados reversíveis e 2 permanentes. Já os impactos negativos estão relacionados à falta de manutenção nas áreas onde a obra foi finalizada.

Na Etapa 2 foram elencados 9 impactos divididos em 6 negativos e 3 positivos. Sendo os negativos, 2 reversíveis e 4 permanentes, relacionados , principalmente, ao momento atual de finalização da obra de macrodrenagem:

1) alteração da qualidade do ar local (meio físico) ocasionada pela movimentação de máquinas pesadas e veículos; e processos de limpeza do terreno; transporte por vento de sedimento do solo desprotegido; 2) incidência de poluição sonora (meio físico) devido a maior movimentação de veículos por conta da abertura de novas ruas; 3) pouca arborização (meio biótico) retirada da cobertura vegetal já

existente, implantação de espécies que não se adaptaram ao ambiente; 4) baixa aceitabilidade da população local (meio antrópico) devido a falta de diálogo, transparência e baixo incentivo à participação popular, demora no andamento da obra, muitas paralisações; 5) geração de conflitos (meio antrópico) relacionada principalmente a parte social e habitacional da obra: remanejamento de pessoas, auxílio aluguel, entrega dos conjuntos habitacionais e 6) navegabilidade (meio antrópico). E positivos: 1) alteração da paisagem (meio físico), 2) possível diminuição de doenças de veiculação hídrica (meio biótico) e 3) valorização da Área (meio antrópico) .

Já na Etapa 3 da obra foram destacados 4 impactos nos quais 2 eram negativos e 2 positivos. Sendo os negativos relacionado às características de urbanização acelerada:

1) pouca arborização (meio biótico) remoção das casas, retirada da cobertura vegetal pré existente, implantação de espécies que não se adaptaram ao ambiente e implementação de grama e 2) geração de conflitos (meio antrópico) assim como nas etapas anteriores valor do auxílio aluguel baixo, atraso, não entrega dos conjuntos habitacionais e famílias remanejadas para áreas com problemas infraestruturais.

E como impactos positivos:

- 1) alteração da paisagem (meio físico) devido a retirada das casas, construção da orla, alargamento do leito do rio e
- 2) possível diminuição de doenças de veiculação hídrica (meio biótico) por conta da diminuição dos alagamentos em alguns pontos do rio.

Diante do exposto, faz-se necessário que os órgãos gestores adotem medidas corretivas e preventivas a fim de mitigar e controlar os impactos negativos, dessa forma atendendo as demandas da população e adotando conceitos atualizados para os projetos de drenagem urbana.

Tabela 10 - Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 1 da obra.

ETAPA 1						
Impacto	Meio Físico		Meio Biótico		Meio Antrópico	
	Vazão do Rio	Microclima	Arborização	Poluição do rio	Degradação do local	Navegabilidade
Ação Geradora: Refere-se à identificação das causas propriamente ditas do impacto. Será explicitada a ação ou ações geradoras do impacto.	Dragagem e alargamento do rio	Não implementação de cobertura vegetal que se adequasse ao ambiente	Boa cobertura vegetal na área inicial da etapa 1 e diminuição da cobertura vegetal ao longo da mesma Etapa	Acúmulo de resíduos sólidos domésticos pois, não há local adequado para destiná-los, coleta de resíduos é irregular.	Falta de manutenção das ruas, calçadas	Dragagem e alargamento do rio
Descrição e Análise: Descreve o processo de modificação do meio ambiente e os elementos afetados, analisando-se suas condições atuais e as condições resultantes das interferências das obras.	Durante o trecho 1 da obra é possível visualizar o aumento da vazão do rio o que contribui diretamente para um melhor fluxo de água	Apesar de uma parte dessa etapa ser arborizada, a maioria da etapa 1 possui cobertura vegetal baixa. Favorecendo a formação de ilhas de calor	O trecho com maior ponto de arborização favorece a relação dos moradores dessa região com os rios. E nos demais pontos não é observada a interação com o espaço durante o dia.	Os locais de deposição de resíduos improvisados pelos moradores estão degradados e dessa forma os resíduos acabam indo para o rio.	Ruas esburacadas e não sinalizadas, calçadas quebradas, problemas de iluminação.	Com a retirada das casa, dragagem e limpeza, foi possível dar maior vazão ao rio, favorecendo a navegabilidade
Classificação	Positivo, Direto, permanente, reversível, forte, longo prazo	Negativo, direto, local, permanente, reversível, forte, longo prazo.	Negativo, direto, local, permanente, reversível, forte, longo prazo.	Negativo, direto, local, temporário, reversível, variável, longo prazo	Negativo, direto, local, temporário, reversível, variável, curto prazo	Positivo, direto, local, permanente, reversível, forte, longo prazo.
Medida Mitigadora ou Potencializadora: São as destinadas a prevenir impactos negativos ou reduzir sua magnitude e potencializar (quando o impacto é positivo)	Manutenção e limpeza periódica	Expansão de pontos de arborização ao longo da bacia	umentar a cobertura vegetal com espécies que se adaptem ao local, melhorar as calçadas do trecho, acrescentar bancos de concreto, melhorar a sinalização da rua.	Instalação de contêiner para descarte de resíduos e regularização da coleta	Realizar a manutenção periódica no espaço	Expandir a navegabilidade para os demais trechos ao longo da bacia

Tabela 11- Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 2 da obra.

ETAPA 2									
Impacto	Meio Físico			Meio Biótico			Meio Antrópico		
	Alteração da qualidade do ar	Incidência de Poluição Sonora	Alteração da paisagem	Pouca arborização	Diminuição de doenças de veiculação hídrica	Baixa aceitabilidade da população local	Geração de conflitos	Navegabilidade	Valorização da Área
Ação Geradora: Refere-se à identificação das causas propriamente ditas do impacto. Será explicitada a ação ou ações geradoras do impacto.	Movimentação de máquinas pesadas e veículos; e processos de limpeza do terreno;	Abertura de novas ruas, expansão de ruas já existente, implantação de asfalto	Construção da orla	Limpeza do leito, retirada das casas, implementação de grama	Diminuição dos alagamentos	Falta de diálogo, transparência e baixo incentivo à participação popular, demora no andamento da obra,	remanejamento de pessoas, auxílio aluguel, entrega dos conjuntos habitacionais	Pontes baixas, assoreamento do rio	Com avanço da obra, melhoria de serviços e infraestrutura e da paisagem local
Descrição e Análise: Descreve o processo de modificação do meio ambiente e os elementos afetados, analisando-se suas condições atuais e as condições resultantes das interferências das obras.	Máquinas facilita a emissão de material particulado da obra na atmosfera. O solo desprotegido torna-se vulnerável à ação dos ventos	Maior movimentação de veículos por conta da abertura de novas ruas, como também a própria movimentação das máquinas de obra	Desde a implantação até a sua fase de operação, serão percebidas mudanças no cenário paisagístico	Retirada da cobertura vegetal já existente, implantação de espécies que não se adaptaram ao ambiente	Com a diminuição dos alagamentos os moradores têm menos contato com a água contaminada	Ao iniciar uma obra pública é importante a participação dos beneficiados, além da transparência financeira e de execução	Famílias remanejadas para áreas com problemas infra-estruturais, valor do auxílio aluguel baixo, atraso e não entrega dos conjuntos habitacionais.	Nesse trecho há pontes muito baixas que não irão ser modificadas, estas dificultam a navegabilidade local	Com a finalização desse trecho e melhoria paisagística é possível que haja valorização da região
Classificação	Negativo, indireto, cíclico, reversível, local, fraco, curto prazo.	Negativo, direto, permanente, irreversível, local, forte, longo prazo.	Positivo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Negativo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Positivo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Negativo, direto, local, temporário, irreversível, variável, longo prazo	Negativo, direto, local, temporário, irreversível, variável, longo prazo	Negativo, direto, local, permanente, reversível, variável, longo prazo	Positivo, indireto, local, permanente, irreversível, forte, curto prazo.
Medida Mitigadora ou Potencializadora: São as destinadas a prevenir impactos negativos ou reduzir sua magnitude e potencializar (quando o impacto é positivo)		Melhoria de calçadas, implantação de ciclovias e ciclofaixas incentivando a locomoção ativa com segurança	Manutenção periódica para que a orla não fique abandonada	Investir na plantação de espécies resistente ao local	Manutenção e limpeza periódica	Incluir a população nos processos decisórios, disponibilizar o projeto, orçamento e cronograma para acompanhamento da obra	Incluir a população nos processos decisórios, disponibilizar o projeto, orçamento e cronograma para acompanhamento da obra e dos conjuntos habitacionais	Substituição das pontes atuais por pontes mais altas	Manutenção periódica para que o espaço não se degrade com o passar do tempo

Tabela 12 - Impactos no meio físico, biótico e antrópico na Etapa 3 da obra.

ETAPA 3				
Impacto	Meio Físico Alteração da paisagem	Meio Pouca arborização	Biótico Possibilidade de diminuição de doenças de veiculação hídrica	Meio Antrópico Geração de conflitos
Ação Geradora: Refere-se à identificação das causas propriamente ditas do impacto. Será explicitada a ação ou ações geradoras do impacto.	Retirada das casa, construção da orla, alargamento do leito do rio	Remoção das casa, implementação de grama	Diminuição dos alagamentos em alguns pontos	Relacionada principalmente a parte social e habitacional da obra: remanejamento de pessoas, auxílio aluguel, conjuntos habitacionais
Descrição e Análise: Descreve o processo de modificação do meio ambiente e os elementos afetados, analisando-se suas condições atuais e as condições resultantes das interferências das obras.	Desde a implantação até a sua fase de operação, serão percebidas mudanças no cenário paisagístico	Retirada da cobertura vegetal pré existente, implantação de espécies que não se adaptam ao ambiente	Com a diminuição dos alagamentos os moradores têm menos contato com a água contaminada	Famílias remanejadas para áreas com problemas infraestruturais, valor do auxílio aluguel baixo, atraso e não entrega dos conjuntos habitacionais.
Classificação	Positivo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Negativo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Positivo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo	Negativo, direto, permanente, reversível, local, forte, longo prazo
Medida Mitigadora ou Potencializadora: São as destinadas a prevenir impactos negativos ou reduzir sua magnitude e potencializar (quando o impacto é positivo)	Manutenção periódica da área	Investir na plantação de espécies adaptadas e resistente ao local, consultar a comunidade acadêmica que já desenvolve estudos na área	Manutenção e limpeza periódica	Incluir a população nos processos decisórios, disponibilizar o projeto, orçamento e cronograma para acompanhamento da obra

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Afirmando a hipótese inicial, a qual a bacia hidrográfica do rio Tucunduba possui vários fatores potenciais de degradação ambiental os resultados obtidos evidenciaram que a expansão urbana, aliada à falta de gestão ambiental municipal tem contribuído para os principais problemas ambientais observados (como perda da cobertura vegetal, despejo de efluentes urbanos, descarte inadequado de resíduos sólidos) que conseqüentemente, influencia e influenciou a qualidade de vida dos moradores do entorno da bacia, principalmente, nos bairros periféricos, no qual os serviços básicos são negligenciados.

Por outro lado a obra de macrodrenagem, ao mesmo tempo, que contribui para amenizar alguns problemas sociais como alagamentos, asfaltamento de vias, desobstrução do curso principal do rio, melhoria da drenagem pluvial e etc, no entanto potencializou outros problemas socioambientais como impermeabilização do solo, retirada de vegetação ciliar, aumento do escoamento superficial, entre outros.

No caso da BHT, o recomendável é recuperar e replantar a vegetação ciliar, a recuperação destas áreas é fundamental para reduzir o escoamento superficial e o risco de assoreamento hídrico e a quantidade das enchentes urbanas. Outro ponto é a regularização e universalização da coleta e tratamento dos esgotos sanitários ao longo da BHT, visando o não lançamento de esgotos no leito dos rios e a gradual despoluição das águas fluviais.

É importante também ressaltar a importância da regulação do sistema de coleta de resíduos e implantação de um programa de coleta seletiva e de reciclagem de resíduos nessas áreas. Sendo assim, haveria uma redução nos resíduos lançados nos rios diminuindo o assoreamento fluvial e o risco de alagamentos do mesmo nas épocas de chuvas intensas.

Além disso, a implantação de monitoramento hidrométrico e de qualidade da água dos rios da bacia hidrográfica, visando o registro e a análise mais precisa da necessidade de medidas de controle de poluição e de controle de enchentes. E, a constante limpeza e desobstrução dos rios e dos canais de drenagem.

As bacias hidrográficas são consideradas unidades de estudo para o

gerenciamento dos recursos hídricos, bem como para o planejamento adequado de diferentes usos e ocupação do solo, visto a necessidade de acesso à água com qualidade e regularidade.

Nesse sentido, é importante que a gestão de bacias hidrográficas sejam realizadas de forma integrada envolvendo órgãos e a população. Levando em consideração que todos os usuários da bacia hidrográfica têm o direito de entender e participar dos processos de decisão sobre as políticas públicas que estão sendo efetivadas em seu território.

Uma das ferramentas para que isso aconteça de forma efetiva é a criação de comitês de bacia hidrográfica para, dessa forma, gerenciar o uso dos recursos hídricos de forma integrada com a participação da população. Esse seria um passo muito importante, considerando que o município de Belém é recortado por 14 bacias hidrográficas e não possui nenhum comitê.

REFERÊNCIAS

- Aguiar S. A. 2000. *Degradação socioambiental: um estudo sobre a população residente na proximidade da foz do igarapé Tucunduba* (Belém – Pará). Monografia, Especialização em Educação Ambiental, Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Universidade Federal do Pará, Belém, 45p.
- Agência Nacional de Águas. Ano. *Faltou o título do que foi retirado do site*. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- Almeida L. Q. 2010. *Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará*. MS Dissertation, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 278p.
- Andrade A. A. & Norat M. V. C. 2017. Diagnóstico do sistema de macrodrenagem do Igarapé do Tucunduba pertencente à Bacia do Tucunduba – Belém/PA. In: 27º Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES – FENADAN. *Anais[...]*, IX-095.
- Araújo L. E., Santos M. J., Duarte S. M., Oliveira E. M. 2009. Impactos Ambientais em Bacias Hidrográficas - Caso da Bacia do Rio Paraíba. *Revista Tecno-lógica*, **13**(2): 109-115.
- Barbosa M. J. S. 2003. *Estudo de caso: Tucunduba, urbanização do igarapé Tucunduba, gestão de rios urbanos - Belém/Pará*. Universidade Federal do Pará. Belém. 68p.
- Bordalo C. A. L., Silva F. A. O., Santos V. C. 2012. Por uma gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Murucupi no Município de Barcarena. *Revista Geonorte*, Edição Especial, **3** (4): 1216-1228.
- Brasil. 2004. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. *Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica*. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília, DF, Ministério da Saúde. 116 p.
- Brasil. *Lei nº. 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 30 julho 2021.
- Brasil. *Lei 9.433* de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 27 de agosto de 2019.
- Brasil. 1997. *Estágio atual dos aspectos institucionais da gestão de recursos hídricos no Brasil*. Política nacional de recursos hídricos, Brasília, DF, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; Secretaria Nacional dos Recursos Hídricos, p. 3-11.
- Brasil S. C. 2004. *Projeto de macrodrenagem da bacia do una e índices de qualidade de vida de seus moradores*. MS Dissertation, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém. 147 p.

Calijuri M.L., Santiago, A. F., Camargo R. A., Moreira Neto, R. F. 2009. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, **14** (1). <https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000100003>.

Christofoletti A. 1980. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo, Edgard Blucher.

Cidades Sustentáveis. *Mapa da desigualdade entre as capitais brasileiras - Covid-19 - Cidades Sustentáveis*. 2020. Disponível em: https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/pagina/mapa_da_desigualdade_capitais_covid19. Acesso em 3 de Dezembro de 2020.

Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). 2020. *Faltou o que foi tirado do site como título em itálico*. Disponível em: <https://codem.belem.pa.gov.br/mapas/bacias-hidrograficas/>. Acesso em 29 de Julho de 2020.

Cruz G. C. F. 2020. The urban area of the Verde River Basin and the environmental impacts caused by the urbanization of Ponta Grossa – PR – Brasil. *Brazilian Journal of Development Braz. J. of Develop. Curitiba*, v. 6, n. 11, p.87916-87934.

Federal Interagency Stream Restoration Working Group. 1998. *Stream corridor restoration: principles, processes and practices*. Federal Agencies of the US government, n. 0120-A; SuDocs, **57**: 653-661.

Ferreira C. F. 1995. *Produção do espaço urbano e degradação ambiental: um estudo de caso sobre a várzea do Igarapé do Tucunduba Belém-Pará*. MS Dissertation, Mestrado em Geografia Física, Coordenadoria de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 120p.

Gaskell G. 2002. Entrevistas individuais e de grupos. *In: Bauer M. W. & Gaskell G. Pesquisa qualitativa com texto, imagem, e som: um manual prático*. Petrópolis, Vozes.

Gorayeb A. 2008. *Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil*. PhD Theses, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Claro, 203p.

Gouveia N. 2012. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, **17** (6): 1503-1510.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2010. *Censo de 2010*. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 de Julho de 2021.

Lima V. & Amorim M. C. C. T. 2009. Qualidade ambiental urbana em Oswaldo Cruz/SP. *In: 13º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Viçosa-MG. *Anais eletrônicos*. Viçosa-MG, UFV. Disponível em: www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos. Acesso em: 10 Julho 2021.

Marinho A. V. R., Saraiva J. S., Rodrigues J. E. C. 2015. Caracterização socioambiental da Bacia Urbana do Tucunduba, Belém-PA. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará*, Belém, **2** (2): 96-107.

Matos F. C. *et al.* 2011. Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Biociências*, **17** (1): 7-16.

May T. 2004. *Pesquisa social: questões, métodos e processos*. Porto Alegre, Artmed.

Mitoso A. Q. & Diniz A. C. 2017. Análise do saneamento ambiental na bacia do Tucunduba, Belém-PA. *In: 29º Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES – FENADAN*, São Paulo. *Anais[...]*, IV-314.

Monteiro M.C., Jimenez J.A., Pereira L.C.C. 2016. Natural and human controls of water quality of an Amazon estuary (Caete-PA, Brazil). *Ocean & Coastal Management*, **124**:42-52.

Organization for Economic Cooperation and Development - OCDE. 1993. *Organization for economic cooperation and development: coreset of indicators for environmental performance reviews; a synthesis report by the group on the state of the environment*. Paris, OCDE.

Pelizzoli M. L. 1999. *A emergência do paradigma ecológico: reflexões éticofilosóficas para o séc. XXI*. Petrópolis, Rio de Janeiro, Vozes. 160 p.

Porto M. F. A. 1995. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. *In: Tucci C.E.M., Porto R.L.L, Barros M.T. (org.). Drenagem urbana*. Porto Alegre, Editora da Universidade.

Porto K. G. & Ferreira I. M. 2012. Gestão das Bacias Hidrográficas Urbanas e a importância dos ambientes ciliares. *Geografia em Questão*, **5** (2): 43-57.

Prefeitura decreta situação de emergência sanitária e ambiental em Belém. *GI Pará - Belém* - 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2019/06/23/prefeitura-decreta-situacao-de-emergencia-sanitaria-e-ambiental-em-belem.ghml>. Acesso em 02 de julho de 2021.

Prefeitura Municipal de Belém. Procuradoria Geral do Município - PGM - Leis de Decretos Municipais, *Lei Ordinária N.º 8899*, de 26 de dezembro de 2011. DOM nº 11.998, de 26/12/2011. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/semaj/app/Sistema/view_lei.php?lei=8899&ano=2011&tip o=1. Acesso em: 17 julho de 2021.

Rebêlo M. V. S., Peres, R., Duarte C. K. A. R., Moreira F. N. C., Rebêlo M. S., Ferreira J. F. H. 2018. Avaliação do impacto sobre a saúde humana ocasionado por obras de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba, Belém/PA. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, **2** (5): 1839-1847.

Richardson R. J. 1999. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo, Atlas.

Rodrigues P. R. S. *Análise espacial de suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do Tucunduba-Belém-Pa*. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 83p.

Sá S. M. A., Sá E. V., Jesus I. M., Muniz I. S., Alcântara, J. V., Barbosa S. P. D., Pinto A. C., Sá L. L. C.; Santo E. C. O. 2007. Avaliação de indicadores de saúde ambiental em área urbana em uma situação de macrodrenagem, Belém-Pará. *Cadernos Saúde Coletiva*, Rio De Janeiro, **15** (4): 543-558.

Salles M. H. D., Conceição F. T., Aangelucci V. A., Sia R., Pedrazzi F. J. M., Carra T., Monteiro G. F., Sardinha D. S. & Navarro G. R. B. 2008. Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP). *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau. 10: 6-20.

Sardinha D. S., Conceição F. T., Godoy L. H. 2010 Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo. *Augm Domus*, v. 2, p. 82-97, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134510>. Acesso em 18 de Agosto de 2021.

Silva A. L. A. 2016. *Uso da água na Bacia Urbana do Igarapé do Tucunduba- Belém-PA*. MS Dissertation, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 118 p.

Silva B. A. W., Azevedo M. M., Matos J. S. 2006. Gestão ambiental de bacias hidrográficas urbanas. *Revista VeraCidade*, **3** (5): 1-7.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico-SNIS 2016. . Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em: 06 de Julho de 2021.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico-SNIS. 2021. *Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil*. São Paulo. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em 12 de Julho de 2021.

Souza T. M. K. & Ottoni A. B. 2015. Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da Bacia Hidrográfica da Praça da Bandeira (estudo de caso). *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*. **3** (17): 60-76.

Targa M. S., Batista G. T., Diniz H. D., Dias N. W., Matos F. C. 2012. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, **7** (2): 120-142.

Choi W. & Deal B.M. 2008. “Assessing hydrological impact of potential land use change through hydrological and land use change modeling for the Kishwaukee River basin (USA)”. *Journal of Environmental Management*, **88**: 1119–1130.

Yassuda E. R. 1993. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro **27** (2): 5-18.

O que é uma bacia hidrográfica. *Dicionário ambiental*. Rio de Janeiro, abr. 2015. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/29097-o-que-e-uma-bacia-hidrografica/>. Acesso em: 10 Agosto de 2021.

Von Sperling M. 1996. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 2. ed. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; 2: Princípios básicos do tratamento de esgotos.

Von Sperling M. 2007. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte, UFMG.

APÊNDICE A - Questionário Aplicado com os Moradores da Bacia Hidrográfica do Tucunduba


(iniciando)

Percepção sobre condições socioambientais da Bacia Hidrográfica do Tucunduba

Prezados moradores,
Gostaríamos de convidá-los a participar de uma pesquisa de percepção das condições socioambientais da Bacia Hidrográfica do Tucunduba, respondendo a um questionário direcionado aos moradores dos bairros pertencentes a bacia: Marco, Canudos, Terra Firme e Guamá. Os respondentes não serão identificados na publicação dos resultados da pesquisa.

Conto com a sua participação.
Camila de Magalhães

[Próxima](#)

 Página 1 de 7

(continuação)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisa: Aspectos socioambientais da Bacia Hidrográfica do Tucunduba.

Pesquisadores Responsáveis: Camila de Magalhães e Souza Figueiredo e Rosigleyse Corrêa de Sousa Felix.

Para participar da pesquisa: "Aspectos socioambientais da Bacia Hidrográfica do Tucunduba". Declaro ter sido esclarecido sobre os seguintes pontos:

1. Este trabalho está sendo desenvolvido pela Universidade Federal do Pará e apresenta a finalidade de verificar a percepção de moradores no entorno da bacia do Tucunduba sobre aspectos ambientais da referida bacia e em relação à obra de macrodrenagem da mesma. Cabe ressaltar que essa pesquisa não tem a finalidade de realizar diagnóstico individual, mas apenas um levantamento coletivo.

2. Os objetivos e proposições do projeto foram apresentados pelos pesquisadores responsáveis no momento do convite divulgado via WhatsApp ou e-mail. O nome e dados dos participantes serão mantidos em sigilo, assegurando, assim, a privacidade destes. Se eu quiser conhecer os resultados de cada questionário respondido, poderei solicitar dos pesquisadores pelo e-mail: cdmagalhaes2@gmail.com. Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos adicionais, poderei entrar em contato via e-mail acima.

3. A minha participação nesse trabalho será importante para auxiliar os pesquisadores no entendimento da situação socioambiental da Bacia Hidrográfica do Tucunduba e na proposição de medidas de gestão desta área.

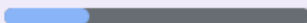
4. Ao participar da pesquisa irei responder um questionário de 3 seções, distribuídas em 21 perguntas. O tempo de preenchimento aproximado é de 10 minutos.

5. Toda pesquisa pode oferecer riscos no sentido de arrependimento da participação. Nesse sentido, poderei recusar a participar ou mesmo retirar meu consentimento, sem nenhum prejuízo. Para notificação de qualquer situação relacionada à ética, poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis.

6. O preenchimento será realizado online e por esse motivo, sua participação estará condicionada ao aceite do convite assinalando a opção "Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar, como voluntário (a) do estudo: "ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA". DESTACA-SE A IMPORTÂNCIA DE GUARDAR EM SEUS ARQUIVOS UMA CÓPIA DO DOCUMENTO ACIMA PARA REGISTO DE CONSENTIMENTO, ou caso seja de seu interesse, você poderá solicitar aos pesquisadores uma via deste documento devidamente assinado.

Você concorda em participar como voluntário (a) do estudo? *

- Diante dos esclarecimentos prestados, CONCORDO em participar, como voluntário(a) do estudo.
- Não concordo em participar da pesquisa

[Voltar](#)[Próxima](#) Página 2 de 7

(continuação)

Sobre o bairro em que você mora:

As perguntas abaixo irão contribuir para entender a percepção que os moradores tem sobre seu bairro.

Em que bairro você mora?

- Marco
- Canudos
- Terra Firme
- Guamá

Quanto tempo reside nesse bairro?

- 1 anos ou menos
- 2 á 5 anos
- 6 á 10 anos
- 10 á 14 anos
- 15 á 20 anos
- Mais de 20 anos

Como você considera seu bairro? *

- | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Péssimo | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito Bom |

(continuação)

Como você avalia a qualidade de vida em seu bairro? *

- | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Péssimo | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito bom |

Quais itens abaixo precisam ser implementados ou melhorados em seu bairro? *

Pode marcar mais de uma resposta.

Abastecimento de água

Sistema de esgoto

Unidade de Saúde

Drenagem

Escolas

Creches

Coleta de lixo

Segurança

Postos de saúde

Transporte

Outro: _____

[Voltar](#)

[Próxima](#)



Página 3 de 7

(continuação)

Infraestrutura e Serviços Público

Selecione as opções existentes no seu bairro: *

Pode selecionar mais de uma alternativa.

- Drenagem pluvial
- Energia elétrica
- Arborização das vias
- Canalização de água
- Coleta de Lixo
- Esgoto Sanitário

Sobre a segurança em seu bairro: *

- | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Péssimo | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito bom |

Sobre a coleta de lixo na sua rua: *

- Coletado
- Queimado
- Enterrado
- Céu aberto

(continuação)

Sobre a periodicidade da coleta de lixo na sua rua: *

- Uma vez por semana
- Duas vezes por semana
- Três vezes por semana
- Mais de três vezes por semana
- Coletado sem regularidade
- Não coletado
- Outro: _____

Sobre o tipo de esgotamento: *

- Rede de esgoto
- Fossa séptica
- Caixa de gordura
- Rede de drenagem
- Não sei dizer
- Outro: _____


(continuação)

Sobre o tipo de pavimentação da sua rua: *

- Asfalto
- Blokrete
- Concreto
- Paralelepípedo
- Piçarra
- Leito Natural
- Estiva
- Outro: _____

Sobre os alagamentos na sua rua: *

- Constantemente alagada
- Alagada em alguns períodos
- Seco
- Outro: _____

[Voltar](#)[Próxima](#) Página 4 de 7

(continuação)

Sobre a Bacia Hidrográfica do Tucunduba

A cidade Belém, possui 14 bacias hidrográficas urbanas, sendo a Bacia do Hidrográfica do Tucunduba (BHT) a segunda maior delas. A BHT abrange quatro bairros de Belém: Marco, Canudos, Terra Firme e Guamá e possui uma das áreas de maior densidade populacional da cidade, com uma população de aproximadamente 200 mil habitantes.

As perguntas abaixo tem o objetivo de entender a sua percepção sobre a bacia hidrográfica do Tucunduba, caso não saiba responder alguma pergunta pode responde "não sei responder".

Você sabia que mora na Bacia Hidrográfica do Tucunduba? *

Sim

Não

Quais mudanças na Bacia do Tucunduba foram percebida durante o tempo em que vive no local? *

Sua resposta

Qual(is) utilidade do rio tucunduba você observa? *

- Navegação e transporte
- Lazer e Banho
- Pesca
- Deposito de esgoto
- Descarte de lixo
- Sobrevivência de animais e plantas
- Escoar água da chuva
- Melhorar a paisagem

Qual a importância da Bacia do Tucunduba para a sua vida? *

Sua resposta

(continuação)

Qual a importância da Bacia do Tucunduba para a sua vida? *

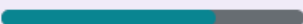
Sua resposta

Qual os principais impactos ambientais que você observa no rio atualmente? *

Sua resposta

Voltar

Próxima

 Página 5 de 7


(conclusão)

Quais melhorias você observou a partir da obra? *

Sua resposta

Quais problemas você observou a partir da obra? *


Sua resposta

[Voltar](#) [Próxima](#)  Página 6 de 7

Para finalizar

Se você tem algum comentário sobre o tema que não foi abordado neste questionário, pode comentar aqui.

Sua resposta

[Voltar](#) [Enviar](#)  Página 7 de 7