



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**MOBILIDADE URBANA: ANTEPROJETO DE UMA CICLOVIA PARA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA)**

**ADRIANO SILVA FERREIRA  
ANDREY DA SILVA LEÃO**

**BELÉM - PA  
2023**

**ADRIANO SILVA FERREIRA  
ANDREY DA SILVA LEÃO**

**MOBILIDADE URBANA: ANTEPROJETO DE UMA CICLOVIA PARA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Doutor Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho

**BELÉM - PA  
2023**

**ADRIANO SILVA FERREIRA  
ANDREY DA SILVA LEÃO**

**MOBILIDADE URBANA: ANTEPROJETO DE UMA CICLOVIA PARA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA)**

---

Prof. Dr. Marcus Vinicius Guerra  
Seraphico de Assis Carvalho  
Universidade Federal do Pará  
(Orientador)

---

Prof. M.Sc. Julio Cesar Mascarenhas Aguiar  
Universidade Federal do Pará  
(Coorientador)

---

Prof. M.Sc. Fernando Luiz Rodrigues Nogueira  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Interno)

Data de Aprovação: \_\_\_\_ / 07 / 2023

Conceito: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, aquele que nos deu a vida como um dom, tornou-nos livres e dotados da capacidade de entender, pensar, descobrir, criar e até questionar tudo ao nosso redor. Sempre é necessário um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão e uma atitude. Devemos ser gratos aos que nos ajudaram a crescer e ter a determinação de não parar, de persistir em nossa jornada. A todos os membros de nossa família, padrinhos, tios, irmãos, primos, amigos e amigas, um agradecimento especial.

Ao Professor Doutor Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho, agradecemos pelo aprendizado, incentivo e pelas diversas orientações de excelente qualidade. Também agradecemos por todo o apoio e conversas que, com certeza, agregaram valor acadêmico e profissional a nós, futuros engenheiros.

À FEC e a todos os professores e diretores que contribuíram diretamente e indiretamente para o início, desenvolvimento e conclusão deste tão sonhado trabalho de conclusão de curso e do curso de Engenharia Civil em si, muito obrigado.

## RESUMO

A fim de promover ambientes sustentáveis que ofereçam acessibilidade a todos os usuários, levando em consideração a segurança e a praticidade na mobilidade urbana, este estudo buscou apresentar uma proposta de anteprojeto para a construção de uma ciclovia sustentável ao longo do curso do Igarapé Sapucajuba, na Universidade Federal do Pará. Os objetivos específicos abrangem a construção de um breve referencial teórico sobre mobilidade urbana em áreas de várzea, bem como sobre projetos em madeira na região Amazônica, além da obtenção de dados da área de implantação para verificar a viabilidade da construção da ciclovia nas proximidades do Igarapé Sapucajuba. Foram realizadas pesquisas teóricas para embasar o estudo, abordando a importância da acessibilidade em áreas de várzea e questões técnicas relacionadas a essas regiões. Além disso, foi realizado um referencial sobre o uso da madeira e etapas de campo, incluindo medições e fotografias, para uma compreensão preliminar do ambiente. Para obter informações dos usuários, utilizou-se um questionário elaborado no Google Forms. O software de desenho AutoCAD foi empregado para criar o traçado e a estrutura preliminar da ciclovia. Com base nos dados coletados, que foram usados para definir as premissas do projeto, como a largura útil e total da ciclovia, bem como a escolha do lado da via a ser implantada, o estudo demonstrou que a margem do Igarapé Sapucajuba, bem como o próprio igarapé com estruturas do tipo palafita, oferecem área disponível e potencial para a implantação da ciclovia. Ainda, o estudo resultou na definição dos elementos essenciais para um anteprojeto: área construída, padrão de acabamento e custo unitário básico. Essa conclusão foi alcançada ao considerar todos os fatores descritos na metodologia e no anteprojeto, pois estão alinhados com os princípios ambientais, uma ocupação do solo sustentável e os requisitos técnicos aplicáveis.

*Palavras-chave:* Sustentabilidade. Ambientes Amazônicos. Ciclovias. Acessibilidade.

## **ABSTRACT**

In order to promote sustainable environments that offer accessibility to all users, taking into account safety and practicality in urban mobility, this study sought to present a outline project proposal for the construction of a sustainable bicycle path along the course of the Igarapé Sapucajuba, in the Federal University of Pará. The specific objectives include the construction of a brief theoretical reference on urban mobility in floodplain areas, as well as on wood projects in the Amazon region, in addition to obtaining data from the implantation area to verify the viability of building the bicycle path near the Igarapé Sapucajuba. Theoretical research was carried out to support the study, addressing the importance of accessibility in floodplain areas and technical issues related to these regions. In addition, a reference on the use of wood and field steps was carried out, including measurements and photographs, for a preliminary understanding of the environment. To obtain information from users, a questionnaire prepared in Google Forms was used. AutoCAD design software was used to create the layout and preliminary structure of the bike lane. Based on the collected data, which were used to define the project's premises, such as the useful and total width of the cycle path, as well as the choice of the side of the path to be implemented, the study demonstrated that the margin of the Igarapé Sapucajuba, as well as the igarapé itself with stilt structures, offer available and potential area for the implementation of the bike path. Furthermore, the study resulted in the definition of the essential elements for a preliminary project: built area, standard of finishing and basic unit cost. This conclusion was reached when considering all the factors described in the methodology and in the preliminary project, as they are in line with environmental principles, sustainable land use and applicable technical requirements.

*Keywords:* Sustainability. Amazon environments. Bike lanes. Accessibility.

## LISTA DE QUADROS, TABELAS E GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1: Classe de resistência para espécies de coníferas (na condição de referência de umidade $U=12\%$ .....  | 25 |
| Quadro 2: Classe de resistência para espécies de dicotiledôneas (na condição de referência de umidade $U=12\%$ .....                                       | 25 |
| Quadro3: $k_{mod}, 1$ : efeito da duração do carregamento.....   | 26 |
| Quadro 4: $k_{mod}, 2$ : efeito da umidade do meio ambiente.....   | 27 |
| Quadro 5: $k_{mod}, 3$ : efeito da umidade do meio ambiente.....   | 27 |
| Quadro 6: Coeficientes $\gamma_f$ de majoração das ações no estado limite de projeto.....  | 30 |
| Quadro 7: Fatores de combinação $\psi_0$ e de utilização $\psi_1$ (frequente) e $\psi_2$ (quase permanente .....)  | 30 |
| Quadro 8: Caracterização Física da Bacia Hidrográfica do Igarapé Sapucajuba.....   | 36 |
| Quadro 9: Sondagem SPT por Percussão.....  | 39 |
| Quadro 10: Nível de precisão das fases do projeto.....   | 45 |
| Tabela 1: Dimensões das peças de madeira da ciclovia bidirecional em estrutura de madeira.....   | 57 |
| Tabela 2: Valores médios de madeira cupiúba (dicotiledônea). (NBR, 1997).....  | 57 |
| Tabela 3: Levantamento quantitativo da estrutura de madeira.....   | 61 |
| Tabela 4: Levantamento do custo unitário básico das peças de madeira nas estâncias localizadas na avenida Tucunduba no bairro Terra Firme em Belém-PA..... | 61 |
| Gráfico 1: Compreensão da percepção dos usuários do local sobre benefícios da implementação de uma ciclovia.....   | 41 |
| Gráfico 2: Compreensão da percepção dos usuários do local desafios da implementação de uma ciclovia.....   | 42 |
| Gráfico 3: Peças da cupiúba obtidas do volume serrado $1,37 \text{ m}^3$ no município de Paragominas.....  | 61 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Mapa mental sobre o roteiro básico do planejamento cicloviário.....   | 23 |
| Figura 2: Resistência de compressão inclinada de uma peça de madeira .....  | 28 |
| Figura 3. Peças de madeira cilíndrica e paralelepípedo.....   | 29 |
| Figura 4: Seção de peça de madeira onde y e z são os eixos b e h os comprimentos da seção da peça de madeira .....                  | 32 |
| Figura 5: Peça de madeira sendo mostradas forças de cisalhamento aplicadas na mesma.  | 33 |
| Figura 6: Deflexão em peça de madeira.....  | 34 |
| Figura 7: Mapa de localização do local escolhido para construção do anteprojeto. ....   | 35 |
| Figura 8.1: Mosaico com fotografias do local de estudo. ....  | 36 |
| Figura 8.2: Passarela de pedestres em madeira do Campus da UFPA.....  | 40 |
| Figura 9: Ciclovia unidirecional (A). Ciclovia bidirecional (B) .....   | 44 |
| Figura 10: Espaço de um ciclista em ciclovia. ....  | 44 |
| Figura 11: Padrão visual II da ciclovia da Represa Guarapiranga .....   | 46 |
| Figura 12.1: Padrão visual da primeira ciclovia em madeira do mundo na Holanda.....   | 47 |
| Figura 12.2: Sinalização vertical.....  | 48 |
| Figura 13: Iluminação na ciclovia bidirecional em estrutura de madeira no Sapucajuba Campus de Saúde UFPA. ....                     | 49 |
| Figura 14: Distância física dos ciclistas na ciclovia bidirecional em estrutura de madeira no Sapucajuba Campus de Saúde UFPA ..... | 50 |
| Figura 15: Árvore Solar da Ciclovia do Rio Pinheiros no estado de São Paulo .....   | 51 |
| Figura 16: Traçado da Ciclovia bidirecional, trecho crítico 1, rampa 1 e raio mínimo. AutoCAD (2023). ....                          | 53 |
| Figura 17: Traçado da Ciclovia bidirecional, trecho suspenso. AutoCAD (2023).....   | 54 |
| Figura 18: Traçado da Ciclovia bidirecional, trecho final, comprimento total dos trechos e rampa 2. AutoCAD (2023). ....            | 55 |
| Figura 19.1: Seção na ciclovia bidirecional. AutoCAD (2023). ....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 19.2: Estrutura para rampa 1. AutoCAD (2023). .....  | 56 |
| Figura 20: Estrutura de madeira de uma ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023). ..... | 58 |
| Figura 21: Estrutura de madeira de uma ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023). ..... | 58 |
| Figura 22: Estrutura de madeira de uma ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023). ..... | 59 |

## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | APRESENTAÇÃO .....  | 11 |
| 2.    | JUSTIFICATIVA.....  | 13 |
| 3.    | REVISÃO DE LITERATURA.....  | 14 |
| 3.1   | MOBILIDADE URBANA: A IMPORTÂNCIA DA ACESSIBILIDADE EM AMBIENTES DE VÁRZEA .....                           | 14 |
| 3.2   | CICLOVIAS: PRINCÍPIOS E DIRETRIZES PARA A SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE EM INFRAESTRUTURAS CICLOVIÁRIAS..... | 16 |
| 3.3   | CICLOVIAS: EMBASAMENTO TÉCNICO PARA ÁREA DE VÁRZEA.....   | 21 |
| 3.4   | ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA PROJETOS.....  | 24 |
| 3.6   | AÇÕES NAS ESTRUTURAS DE MADEIRA.....  | 29 |
| 3.5.1 | AÇÃO PERMANENTE, VARIÁVEL E EXCEPCIONAL .....   | 29 |
| 3.7   | GEOMETRIA DA PEÇA DE MADEIRA RETANGULAR .....   | 31 |
| 3.8   | ESTADO DE LIMITE ÚLTIMO DE INSTABILIDADE LATERAL.....   | 32 |
| 3.9   | SOLICITAÇÕES DA PEÇA DE MADEIRA RETANGULAR .....  | 32 |
| 4.    | METODOLOGIA .....   | 34 |
| 4.1   | TIPOLOGIA DO ESTUDO.....  | 34 |
| 4.2   | ÁREA DE ESTUDO.....   | 35 |
| 4.3   | APOIO METODOLÓGICO: PROJETO DE CICLOVIA SAPUCAJUBA/UFPA.....  | 39 |
| 5.    | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 45 |
| 5.1   | ANTEPROJETO.....  | 45 |
| 5.2   | PADRÃO DE ACABAMENTO .....  | 46 |
| 5.2.1 | PADRÃO VISUAL.....  | 46 |
| 5.2.2 | SINALIZAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL.....  | 47 |
| 5.2.3 | ILUMINAÇÃO E SEGURANÇA .....  | 48 |
| 5.3   | ÁREA CONSTRUÍDA: TRAÇADO E GEOMETRIA.....   | 51 |
| 5.4   | ÁREA CONSTRUÍDA: ESTRUTURA PRELIMINAR .....   | 57 |
| 5.5   | CUSTO UNITÁRIO BÁSICO: LEVANTAMENTO PRELIMINAR DO QUANTITATIVO.....                                       | 59 |
| 6.    | CONCLUSÃO .....   | 62 |
| 7.    | REFERÊNCIAS .....   | 63 |

## 1. APRESENTAÇÃO

Um aspecto muito importante da mobilidade urbana é a política de transporte em relação às redes cicloviárias, pois, o uso da bicicleta tem como vantagens inegáveis para população, como, por exemplo: o baixo custo de infraestrutura para implantação e alta acessibilidade em termos de aquisição em relação a outros modais de transporte urbano (WAŁDYKOWSKI et al., 2022). A demanda por sustentabilidade na mobilidade urbana é uma pauta presente na atualidade.

Nesse sentido, destaca-se o crescimento de redes cicloviárias, investimentos em transportes sustentáveis e que fazem integração aos demais modais urbanos, como em Estocolmo-Suécia, Copenhague-Dinamarca e Amsterdam-Holanda (MELO et al., 2018). Esse aumento do uso da bicicleta como meio de transporte com devida infraestrutura nas áreas urbanas fomentou uma cultura ciclista em diversos lugares do mundo.

Ramos (2008, p.8) denota que a utilização da bicicleta como meio de transporte sustentável já é uma realidade em diversas cidades mundiais, mas a sua utilização possui uma grande variação de país para país. Em termos europeus, o valor médio da distância percorrida por ano por cada cidadão é de aproximadamente 275 km com o valor máximo a ser registado nos países baixos e nórdicos com cerca de 1000 km percorridos por cidadão e o valor mínimo nos países do sul da Europa, entre os quais se encontra Portugal, com uma média de 100 km percorridos por cidadão. Por outro lado, a infraestrutura cicloviária no Brasil não tem recebido a atenção e investimento que merece e ainda é muitas vezes negligenciada em projetos urbanos em nosso país (FRARE, 2020). Embora haja 4.198,61km de estrutura cicloviária em território nacional, há concentração dessas estruturas em cidades mais estruturadas, deixando aquém do desejado, em muitos municípios, como Macapá, Porto Velho e Manaus (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SETOR DE BICICLETAS, 2022).

Belém possui 116,5 km de pistas dedicadas exclusivamente aos ciclistas, seja como meio de locomoção, por esporte ou outros, segundo apontado pelas

prefeituras de todas as capitais. A malha cicloviária de Belém está no 9º lugar do ranking de ciclovias e ciclofaixas entre todas as capitais brasileiras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SETOR DE BICICLETAS, 2022), ou seja, embora esteja em uma boa colocação, é importante fomentar mais ciclovias nos espaços públicos do município. Ademais, a capital paraense possui peculiaridades, por estar inserida em um ambiente úmido amazônico banhado por rios e igarapés. O histórico de mobilidade traz um aporte de várias localidades da região dados por palafitas, devida a pouca urbanização da cidade. Conforme o tempo a cidade passou a ser urbanizada e locais foram aterrados. Lugares onde haviam palafitas se tornaram locais de construções de casas de alvenaria e edifícios (BRAGA; GOUVEA, 2020).

Na Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, tem locais onde há pequenos igarapés, também. Um dele é o Sapucajuba, em que, seria de grande contribuição aos transeuntes do local a construção de estruturas sustentáveis como palafitas para preservação do meio ambiente para gerações futuras, além de servir como espaço de educação ambiental. Nessa perspectiva, este presente trabalho apresenta uma proposta de traçado geométrico e estrutura preliminar para o projeto de uma ciclovia sustentável na área paralela ao curso do Igarapé Sapucajuba, bem como no próprio igarapé com estruturas do tipo palafita na UFPA perto do Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza com o objetivo de verificar a viabilidade de implantação da ciclovia a partir das orientações sobre as disposições de projeto estudadas. Os objetivos específicos são:

- ❖ Construir um breve referencial teórico sobre mobilidade urbana em ambientes específicos de várzea, bem como sobre projetos em madeira na região Amazônica.
- ❖ Obter dados da área de implantação para verificação da viabilidade da construção da ciclovia sustentável nas adjacências do igarapé Sapucajuba.

Diante de tais objetivos, busca-se, neste anteprojeto a apresentação de estratégias de implantação devido à peculiaridade espacial, de forma a mitigar os custos, considerar a sustentabilidade na área e ainda promover a mobilidade urbana no Campus Universitário.

## 2. JUSTIFICATIVA

A justificativa deste anteprojeto pode ser dada por vários aspectos, um deles é que estimular o uso de bicicletas em ambientes públicos, é extremamente importante para sustentabilidade local, uma vez que envolve aspectos sociais, ambientais e econômicos. A UFPA, por exemplo, tem como função promover e disponibilizar espaços integrados, sustentáveis e que sejam tecnicamente viáveis, por exemplo, a promoção da natureza preservada aliada a implementação de ciclovias sustentáveis. Destaca-se que tais implementações podem potencializar a democratização dos espaços de um município, tornando-os mais inclusivos (LIMA, 2022). Enfatiza-se aqui, que no Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Agenda 2030, consta-se no objetivo 11 (ONU, 2015), a busca por cidades e comunidades sustentáveis. Nessa perspectiva, a meta 11.2 tem como foco:

Proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos (ONU, 2015, p.Online).

Bicicletas podem ser consideradas um meio de transporte de custo baixo que amplia o acesso da população ao trabalho, estudo, lazer, equipamentos e serviços públicos. Ademais, o uso de bicicleta proporciona benefícios à saúde, diminui a incidência de doenças relacionadas ao sedentarismo e contribui à melhora a qualidade de vida dos usuários, reduzindo o estresse, melhorando os relacionamentos e humanizando o trânsito e as cidades (BANERJEE et al., 2022; ITDPR, 2023).

Além de ser um meio de transporte que minimiza a emissão de gases de efeito estufa e poluentes locais, a bicicleta também é um veículo silencioso. Sua adoção em maior escala contribuirá para a redução da poluição sonora local (ALVES, 2006; CARVALHO; FREITAS, 2012; VADEBIKE, 2014; ITDPR, 2023). O uso de bicicletas deve ser integrado ao planejamento urbano e estar contemplado nas políticas públicas de acessibilidade do município. Por ser um meio de transporte

estratégico, é uma prioridade para o desenvolvimento sustentável (ANDRADE et al., 2016).

Um ponto crucial a ser destacado é a particularidade deste anteprojeto, que propõe um traçado em um ambiente que inclui várzeas e manguezais. Nessa compreensão, é fundamental fortalecer a questão da acessibilidade nas localidades amazônicas, onde essa característica é comum. Monteiro (2015, p.11) observa que "calçadas de palafita, conhecidas como calçadas de estivas, apresentam condições precárias ou inexistentes de acessibilidade devido à ausência de normas específicas de padronização para essas circulações".

Estudos como este podem propor uma forma responsável e em conformidade com as normas vigentes de adequar a acessibilidade nesses ambientes. A escolha do tipo de madeira é essencial para o planejamento e posterior execução do projeto geométrico e de construção da ciclovia de madeira no Igarapé Sapucajuba. Os obstáculos naturais, como árvores, devem ser considerados para possíveis desvios que a ciclovia deverá ter no projeto, garantindo assim a preservação ambiental.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 MOBILIDADE URBANA: A IMPORTÂNCIA DA ACESSIBILIDADE EM AMBIENTES DE VÁRZEA**

O desenvolvimento sustentável tem sido amplamente discutido pela sociedade e pode ser definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) (1991, p.430) como "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades". Portanto, existe uma preocupação em gerenciar espaços que garantam o direito de ir e vir (BRASIL, 2008). Nesse sentido, a mobilidade urbana tem como objetivo proporcionar a capacidade de se deslocar de um lugar para outro aos seres sociais (VAN WEE; HANDY, 2016).

À medida que a população global aumenta, crescem também os desafios de adaptação de planos de desenvolvimento urbano adequados para atender às

necessidades de mobilidade urbana eficiente (AL-THANI et al., 2022), especialmente em relação às peculiaridades locais. Ao contrário de regiões mais centrais do Brasil, na Amazônia, a realidade da mobilidade urbana apresenta diversas variáveis que devem ser consideradas em qualquer planejamento urbano. Por exemplo, muitas cidades são construídas ao longo de cursos d'água, o que resulta em um desenvolvimento mais lento da acessibilidade e mobilidade (MONTEIRO, 2015).

Embora o planejamento urbano nessa região seja mais lento, isso não significa que ela deva se espelhar em modelos de outros locais. É importante compreender as demandas regionais, por isso, os projetos devem levar em conta o microclima, respeitando as pessoas e suas casas, bem como o ambiente como um todo (MONTEIRO, 2015; DA SILVA et al., 2020). Em ambientes de várzea, por exemplo, como ocorre em muitos municípios do estado do Pará, as palafitas são amplamente utilizadas para fornecer serviços de mobilidade aos habitantes.

Monteiro (2015 p.33) explica que tais estruturas possuem uma função essencial para várzea e os ribeirinhos que a habitam, ela é “típica para vulnerabilidade a inundações, e ainda, evita impactos negativos como a ocupação, aterro, adensamento e impermeabilização do solo”. Ou seja, é uma estrutura vernacular, vinculada ao conhecimento indígena e ribeirinho (MONTEIRO, 2015).

Destaca-se que a engenharia civil também deve dar conta de projetos que fortaleçam o ambiente local, com necessidades específicas. A nível de exemplo, Oliveira Silva et al. (2018) estudaram técnicas construtivas de palafitas nas comunidades Jaracaty I e II de São Luís (MA), os autores perceberam que há uma predominância rudimentar nos traçados locais, sem técnicas da engenharia civil. Eles comentam que, é necessário, reaver as construções instaladas para maior segurança dos habitantes.

Silva (2020, p. 02) destaca a importância de atender às áreas banhadas por rios, uma vez que "boas condições de mobilidade urbana nas cidades garantem a qualidade na troca de bens, serviços, cultura, conhecimentos e valores entre seus habitantes". Monteiro (2015) desenvolveu parâmetros projetuais específicos para garantir a acessibilidade espacial nas calçadas em ambientes de várzea, visando melhorar o cotidiano das famílias que ali residem. O diagnóstico prévio demonstrou

que os principais problemas estavam relacionados à acessibilidade espacial, tanto nas calçadas quanto nas palafitas.

Dessa forma, é fundamental considerar a integração da mobilidade urbana sustentável nessas áreas, levando em conta as particularidades locais. Isso inclui a utilização de técnicas de engenharia civil apropriadas, a preservação do ambiente natural e a adequação das estruturas construídas às necessidades dos habitantes. A implementação de projetos que promovam a acessibilidade e a mobilidade nessas regiões contribuirá para melhorar a qualidade de vida das comunidades ribeirinhas e para o desenvolvimento sustentável local.

Em resumo, a mobilidade urbana sustentável na Amazônia requer uma abordagem específica que considere as particularidades locais, como as áreas de várzea e o uso de palafitas. É necessário desenvolver projetos que garantam a acessibilidade espacial, respeitem o meio ambiente e atendam às demandas das comunidades. Ao fazer isso, estaremos promovendo a melhoria da qualidade de vida, a preservação do ecossistema amazônico e a construção de um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras.

### 3.2 CICLOVIAS: PRINCÍPIOS E DIRETRIZES PARA A SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE EM INFRAESTRUTURAS CICLOVIÁRIAS

Para começar essa seção, é essencial trazer o conceito de ciclovia do Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, que é “pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum” (DNIT, 2010, p.31). As ciclovias geralmente possuem baixo volume de tráfego, o que significa que raramente alcançam sua capacidade máxima de utilização. A determinação da capacidade das ciclovias é frequentemente baseada em dados limitados, geralmente provenientes de cidades europeias, ou em simulações computacionais (DNIT, 2010).

Ciclovia são vias especificamente projetadas para permitir a circulação exclusiva de bicicletas, estabelecendo uma separação física segura em relação ao tráfego de veículos motorizados. Essa separação pode ser alcançada por meio de canteiros ou barreiras localizadas dentro da faixa de domínio da rodovia ou por meio de uma faixa de domínio independente. Essas infraestruturas não apenas atendem

às necessidades dos ciclistas, mas também têm a capacidade de acomodar uma variedade de outros usuários. Além dos ciclistas, as ciclovias podem ser utilizadas por pedestres, corredores, pessoas que passeiam com seus cães, indivíduos que empurram carrinhos de bebê, pessoas com cadeiras de rodas, patinadores e outros (DNIT, 2010).

Essa abordagem inclusiva e multifuncional das ciclovias tem como objetivo promover a mobilidade ativa e sustentável, permitindo que diferentes grupos de pessoas possam se beneficiar do uso dessas vias separadas e protegidas. Ao oferecer um ambiente seguro e segregado do tráfego motorizado, as ciclovias desempenham um papel essencial na promoção da mobilidade urbana sustentável, incentivando o uso da bicicleta como meio de transporte alternativo, saudável e ecológico. Essas vias contribuem para a redução do congestionamento, melhoram a qualidade do ar e proporcionam uma opção de deslocamento mais segura e agradável para os usuários (DNIT, 2010; GEIPOT, 2001). Portanto, as ciclovias representam uma solução eficaz para promover a mobilidade ativa, a acessibilidade e a segurança viária, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades de diversos grupos de usuários, contribuindo para a criação de ambientes urbanos mais saudáveis, sustentáveis e inclusivos.

O sistema cicloviário, em seu sentido restrito, é constituído por elementos específicos, como ciclovias, ciclofaixas, bicicletários, paraciclos e demais componentes de infraestrutura destinados ao uso dos ciclistas. No entanto, é fundamental compreender que esse sistema está inserido em estruturas mais abrangentes, como o sistema de transporte e o próprio contexto urbano (GEIPOT, 2001). O sistema cicloviário representa uma parte integrante e interconectada de um sistema de mobilidade urbana mais amplo. Ele desempenha um papel fundamental ao proporcionar uma infraestrutura dedicada à circulação segura e eficiente de bicicletas, contribuindo para a promoção da mobilidade ativa e sustentável. Além de suas características físicas, como ciclovias e ciclofaixas, o sistema cicloviário engloba outros elementos essenciais, como bicicletários e paraciclos, que oferecem opções seguras para estacionamento e armazenamento de bicicletas, facilitando o acesso e incentivando o uso desse meio de transporte (GEIPOT, 2001).

É importante ressaltar que o sistema cicloviário não deve ser considerado isoladamente, mas sim como parte integrante de sistemas maiores. Ele está interligado ao sistema de transporte em geral, incluindo modos de transporte motorizados, transporte público e infraestrutura viária. Além disso, o sistema cicloviário é fortemente influenciado pelas características do próprio ambiente urbano, como planejamento urbano, uso do solo, densidade populacional e padrões de desenvolvimento urbano (GEIPOT, 2001).

Ao compreender a interconexão entre o sistema cicloviário, o sistema de transporte e o contexto urbano, é possível desenvolver políticas, planos e projetos que considerem de maneira adequada a integração desses elementos. Essa abordagem sistêmica promove a eficácia e a eficiência do sistema cicloviário, além de contribuir para a melhoria da mobilidade urbana como um todo, resultando em cidades mais sustentáveis, acessíveis e inclusivas (DNIT, 2010; IPEA, 2017). Sobre as normas necessárias para construção de uma rede cicloviária, tem-se: Largura mínima e separação com tráfego de veículos, utilizando barreiras físicas, como muretas, blocos de concreto ou outros elementos construtivos que as separem da pista onde os veículos automotores transitam. Esses elementos devem ter uma largura mínima de 0,30 m (idealmente, 0,50 m) e uma altura mínima de 0,20 m. É importante garantir que a solução para o escoamento da água seja independente da pista de rolamento. Recomenda-se que as ciclovias tenham uma largura de 2,40 m quando são bidirecionais e de 1,2 m quando são unidirecionais. De forma geral, consideram-se os seguintes dimensionamentos: bidirecional = 2,40 m; unidirecional = 1,20 m; faixa de serviço (iluminação + arborização) = 1,00 m e faixa mínima livre para pedestres = 1,5 m (GERÊNCIA DE PROGRAMA CICLOVIÁRIO, 2014).

Sobre sinalização horizontal em interseções desempenha um papel fundamental na redução do risco de acidentes envolvendo bicicletas e veículos motorizados. Para esse fim, é recomendado que as interseções sejam destacadas por meio de pintura vermelha no pavimento, bem como pela presença de linhas paralelas compostas por paralelogramos brancos, conhecidos como "patas de elefante". Além disso, é importante a presença de sinalização que indique o sentido de circulação das bicicletas, proporcionando uma orientação clara aos usuários. Essas medidas visam aumentar a visibilidade e a segurança nas interseções,

contribuindo para a convivência harmoniosa entre bicicletas e veículos motorizados (GEIPOT, 2001; CONTRAN, 2007). No caso de faixas compartilhadas nas calçadas, é imprescindível realizar uma sinalização clara, informando aos ciclistas que a prioridade é dos pedestres e, ao mesmo tempo, alertando os pedestres sobre a presença de ciclistas. É recomendado que esses espaços possuam uma largura de 1,2 m quando são unidirecionais e de 2,40 m quando são bidirecionais (GERÊNCIA DE PROGRAMA CICLOVIÁRIO, 2014).

No contexto da segurança e acessibilidade para pedestres, é crucial garantir a continuidade da linha de travessia, mesmo que o pedestre precise atravessar duas vezes, seja sobre a via destinada ao tráfego de veículos motorizados ou sobre a área da ciclovia. Em outras palavras, a linha de travessia de pedestres não deve ser interrompida, proporcionando uma rota contínua e segura para os pedestres, mesmo que isso envolva atravessar tanto a via onde circulam veículos motorizados quanto a área destinada à ciclismo. Essa abordagem visa assegurar a integridade e a proteção dos pedestres, facilitando suas deslocamentos e minimizando potenciais conflitos com outros modos de transporte presentes na via (GEIPOT, 2001; SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA, 2017).

No contexto da acessibilidade, é importante pensar em bicicletários com a necessidade de garantir uma entrada protegida em relação aos fluxos de veículos automotores. Recomenda-se evitar o acesso direto da via pública à área dos bicicletários. Embora esse procedimento possa apresentar menos riscos durante a entrada no estacionamento, torna-se extremamente perigoso no sentido oposto, quando um grande número de ciclistas busca retornar aos locais de origem. Quando não possuem acesso indireto à rua, ao saírem em grande quantidade do bicicletário, os ciclistas acabam enfrentando situações de risco com o tráfego automotor e, por vezes, se envolvem em acidentes (GEIPOT, 2001).

Além dos elementos mencionados anteriormente, é importante destacar outros componentes dos sistemas cicloviários que são destinados ao uso exclusivo ou preferencial dos ciclistas. Esses elementos incluem passarelas, passagens subterrâneas, pontes e elevadores, que visam facilitar a locomoção dos ciclistas. Além disso, também são consideradas as instalações e os equipamentos que

possibilitam a integração da bicicleta com outros modos de transporte, como terminais multimodais, "ciclotrens", "ciclobus", "ciclobarcas" e outros. Esses elementos e infraestruturas têm o objetivo de promover a intermodalidade e facilitar a utilização da bicicleta como meio de transporte (GEIPOT, 2001).

A respeito da manutenção e segurança das ciclovias, é de suma importância que estejam permanentemente limpas, conservadas, fixadas e visíveis. É essencial que as placas de sinalização sejam devidamente conservadas, sem apresentar deterioração, uma vez que seu estado precário compromete sua eficácia como dispositivos de controle de tráfego, podendo levar à falta de respeito às normas e dificultar a fiscalização por parte do órgão ou entidade executivos de trânsito. É imprescindível que as placas de sinalização sejam mantidas na posição adequada, além de estarem sempre limpas e legíveis, a fim de garantir sua funcionalidade (GEIPOT, 2001).

Em suma, a implementação de infraestruturas cicloviárias seguras e acessíveis é um imperativo fundamental para promover a mobilidade sustentável e garantir a segurança dos usuários de diferentes modos de transporte. Por meio da adoção de medidas como a segregação das ciclovias, a criação de faixas compartilhadas, a manutenção adequada das vias, a utilização de sinalização clara e a concepção de interseções bem projetadas, é possível estabelecer um ambiente propício para a coexistência harmoniosa entre ciclistas, pedestres e motoristas. Além disso, a preservação da continuidade das linhas de travessia de pedestres, mesmo quando necessitam atravessar vias e ciclovias, reforça o compromisso com a segurança e a acessibilidade de todos os usuários. É crucial que autoridades e profissionais do planejamento urbano colaborem efetivamente, implementando os princípios e diretrizes estabelecidos, visando o desenvolvimento de cidades inclusivas, sustentáveis e seguras para a mobilidade ativa.

É essencial recordar que para implementação de ciclovias, é necessário realizar mais pesquisas e estudos para obter informações mais precisas sobre a capacidade das ciclovias, especialmente em diferentes contextos urbanos e regiões geográficas. Isso contribuirá para o planejamento adequado e o dimensionamento

correto dessas infraestruturas, levando em consideração as demandas específicas de cada localidade.

### 3.3 CICLOVIAS: EMBASAMENTO TÉCNICO PARA ÁREA DE VÁRZEA

Em algumas regiões, como na Amazônia, para construir uma mobilidade eficiente, deve-se construir palafitas. Estas estruturas podem ser feitas de barro, compostas por palha, madeira e galhos entrelaçados no solo para acomodar o revestimento de barro, e pode-se usar fogo em seu interior. Possui uma plataforma em sua base e é presa a caibros e estacas para evitar inundações (SILVA et al., 2018). Nesse sentido, é importante destacar que nesses ambientes existem normas específicas para a construção de ciclovias em ambientes de várzea. As várzeas são áreas de planície inundáveis ao longo de rios, que são muito importantes para a proteção contra enchentes e para a conservação da biodiversidade (SCHEREN, 2014). Um exemplo disso, são as ciclovias, que podem ser conceituadas de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (SD<sup>1</sup>):

Ciclovias são parte de um sistema cicloviário que consiste em uma rede integrada composta por diversos elementos com características que atendam o usuário da bicicleta em seus deslocamentos em áreas urbanas, especialmente em termos de segurança e conforto. Entre os elementos integrantes do sistema cicloviário destacam-se as vias de tráfego compartilhado, ciclofaixas, paraciclos, bicicletários, terminais intermodais, passarelas e ciclovias (ABCP, SD, p.03).

Neri et al. (2013) conceitua um sistema cicloviário como uma rede integrada composta por elementos com propriedades como estradas, terminais, transposições e equipamentos. Satisfaz as necessidades e conforto dos ciclistas durante as deslocamentos urbanos, especialmente em termos de segurança e conforto. Clark e Page (2000) comentam os cinco critérios para o desenho cicloviário: coerência e conectividade, infraestrutura contínua, conforto, segurança viária e atratividade.

A construção de ciclovias em ambientes de várzea deve ser realizada com muita cautela e seguindo algumas diretrizes específicas, como por exemplo, o respeito à legislação ambiental: É fundamental que a construção da ciclovias esteja em conformidade com a legislação ambiental vigente, incluindo a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012) e o Código Florestal. Deve-se ter a ciência

---

<sup>1</sup> Sem Data no Material

sobre o que indica a legislação sobre a largura do rio daquele ambiente (que pode ser Reserva Legal (RL) ou Área de Preservação Permanente (APP), as dragagens da areia do leito fluvial (destinadas à construção civil). O planejamento nessas áreas deve ser cuidadoso, deve-se levar em consideração, as áreas naturais e solos para construção (há agricultura, pecuária e assentamentos nesse ambiente?), propondo um diagnóstico prévio. Deve-se analisar a possível redução da vegetação original, pois, a partir do objetivo do projeto, deve-se buscar o mínimo de impactos ambientais e no ecossistema da localidade (SOUZA, 2019).

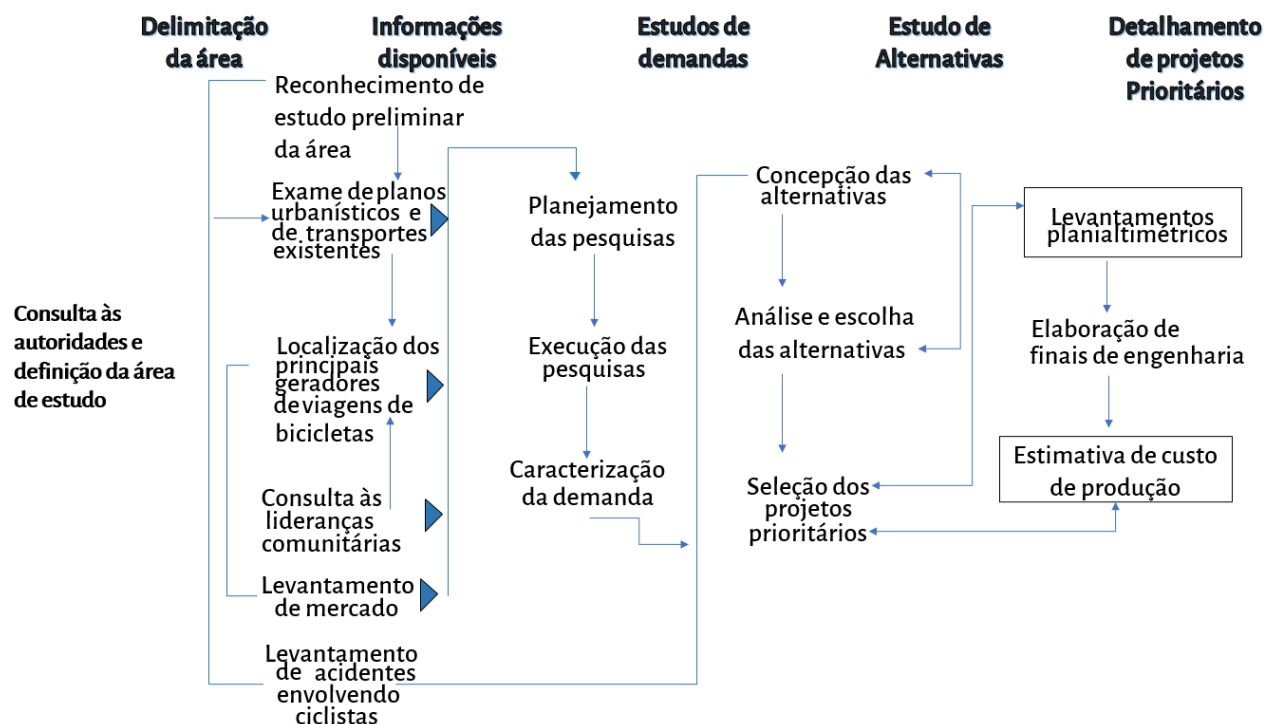
A escolha do material adequado é muito importante, devido às condições úmidas e instáveis da várzea, é necessário escolher materiais resistentes e duráveis para a construção da ciclovia, como concreto, asfalto ou madeira tratada. Por isso, o material escolhido para um projeto de ciclovia nesses ambientes dependerá de diversos fatores, como o clima local, a intensidade do tráfego de bicicletas, a disponibilidade de recursos, entre outros (MENEZES et al., 2015; MONTEIRO, 2015). O importante é que o um modelo de ciclovia palafítica seja o ideal para os usuários do local pretendido, utilizando a madeira ideal, bem como a veiculação mediante a NBR NBR15220-3.

Outra preocupação pertinente, que deve ser analisada, para efetivação de um projeto de ciclovia em várzea é a drenagem adequada. A ciclovia deve ser projetada de forma a permitir uma drenagem adequada das águas pluviais, para evitar a formação de poças d'água que possam prejudicar a segurança dos ciclistas e o meio ambiente. Segundo o Plano Diretor do Município de Belém, disposto pela lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008, na Subseção III, descreve a política de drenagem do Município. Ainda, o município dispõe de um manual técnico específico para as áreas locais, chamado de “Plano Municipal de Saneamento Básico: sistema de drenagem urbana e manejo de águas” (BELÉM, 2020).

Ainda, é importante sinalizar a ciclovia de forma clara e adequada, com placas indicando a presença de ciclistas na via e a velocidade máxima permitida. Ademais, o manual de Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONTRAN) (2022) aconselha que no desenvolvimento de um projeto de mobilidade por bicicleta sejam avaliadas as seguintes ações prévias: 1) Seguir as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e, quando aplicável, do Plano Municipal de

Mobilidade Urbana. 2) Traçar objetivos claros do projeto cicloviário, definir sua função como modal de transporte e/ou instrumento de lazer da população; 3) Mapear a demanda ciclística existente e as projeções futuras; 4) Traçar o zoneamento da área, conhecer a topografia; hidrologia da área de estudo; uso e ocupação do solo, entre outros; 5) Analisar as condições de iluminação (CONTRAN, 2022). Para uma melhor visualização de roteiro básico do planejamento cicloviário, tem-se a figura 1.

Figura 1. Mapa mental sobre o roteiro básico do planejamento cicloviário.



Fonte: Autores (2023), adaptado do Ministério dos Transportes (2001).

Para aprimorar efetivamente as condições de acessibilidade com projeto através de ciclovias, a necessidade de desenvolver critérios padronizados específicos para seu uso, como informar o público sobre aspectos relacionados à sua preservação e a importância do conforto, segurança e autonomia do usuário (MONTEIRO, 2015). Essas são algumas das principais normas a serem seguidas na construção de ciclovias em ambientes de várzea. É importante lembrar que a preservação do meio ambiente deve ser sempre uma prioridade na construção de obras de infraestrutura em ambientes que norteiam áreas de maciais.

### 3.4 ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA PROJETOS

As madeiras são obtidas através de troncos de árvores e classificadas em madeiras duras e madeiras macias. As madeiras duras ou madeiras de lei provêm de árvores frondosas, dicotiledôneas pertencentes à classe das Angiospermas, de crescimento lento, como peroba, ipê, aroeira, carvalho, etc. As madeiras macias provêm de árvores coníferas, monocotiledôneas pertencente à classe das Gimnospermas, de crescimento rápido, como o pinheiro-do-paraná, pinheiro-bravo, pinheiros europeus, norte-americanos, etc. (PFEIL, 2003).

As madeiras podem ser classificadas quanto à construção em: madeiras maciças e madeiras industrializadas. As madeiras maciças são do tipo: bruta, falquejada e serrada. As madeiras industrializadas são do tipo: compensada, laminada, colada e recomposta. A madeira bruta é empregada em forma de tronco, sendo utilizados como estacas, escoramentos, postes e colunas. A madeira falquejada possui seções quadrangulares, retangulares sendo utilizadas como estacas, cortinas, cravadas, etc. A madeira serrada é o produto estrutural mais comum sendo o tronco cortado em dimensões padronizadas para o comércio passando por um período de secagem (PFEIL, 2003).

Acerca da classe de resistência, baseada na EURODE 5, a NBR 7190 introduziu o sistema de Classes de Resistência para simplificar a especificação do material que mesmo com a variação da resistência entre espécies, disponibilidade de mercado e região de construção, o proprietário da obra e o fornecedor deverão se adequar a classe definida em projeto (MOLITERNO, 2010). A classe de resistência tem como objetivo empregar madeiras com propriedades padronizadas orientando a escolha da madeira para o projeto estrutural (NBR 7190, 1997). Os quadros 1 e 2 abaixo mostram as classes de resistências para espécies de coníferas e dicotiledôneas, respectivamente, em que  $f_{cok}$  é a resistência de compressão característica,  $f_{vk}$  é a resistência de cisalhamento característico,  $E_{co,m}$  é o módulo de elasticidade,  $\rho_{bas,m}$  é a densidade básica e  $\rho_{aparente}$  é a densidade aparente da espécie de madeira.

Quadro 1: Classe de resistência para espécies de coníferas (na condição de referência de umidade U=12%).

| Classe de Resistência para espécies de Coníferas (na condição padrão de referência de umidade U=12%) |                 |                |                  |                       |  |
|--|-----------------|----------------|------------------|-----------------------|--|
| CLASSES  | $f_{cok}$ (MPa) | $f_{vk}$ (MPa) | $E_{co,m}$ (MPa) | $\rho_{bas,m}$ (kg/m) | $\rho_{aparente}$ (kg/m <sup>3</sup> ) |
| C20  | 20              | 4              | 3.500            | 400                   | 500                                    |
| C25  | 25              | 5              | 8.500            | 450                   | 550                                    |
| C30  | 30              | 6              | 14.500           | 500                   | 600                                    |

Fonte: MOLITERNO (2010).

Quadro 2: Classe de resistência para espécies de dicotiledôneas (na condição de referência de umidade U=12%).

| Classe de Resistência para espécies de Dicotiledôneas (na condição padrão de referência de umidade U=12%) |                 |                |                  |                       |  |
|---|-----------------|----------------|------------------|-----------------------|--|
| CLASSES   | $f_{cok}$ (MPa) | $f_{vk}$ (MPa) | $E_{co,m}$ (MPa) | $\rho_{bas,m}$ (kg/m) | $\rho_{aparente}$ (kg/m <sup>3</sup> ) |
| D20   | 20              | 4              | 9.500            | 500                   | 650                                    |
| D30   | 30              | 5              | 14.500           | 650                   | 800                                    |
| D40   | 40              | 6              | 19.500           | 750                   | 950                                    |
| D60   | 60              | 8              | 24.500           | 800                   | 1000                                   |

Fonte: MOLITERNO (2010).

Sobre os coeficientes de ponderação e coeficientes modificadores, no projeto de estrutura de madeira deve calcular a tensão resistente do projeto  $f_d$  de uma peça de madeira conforme a equação 1 abaixo:

Equação 1: Coeficientes de ponderação e coeficientes modificadores

$$f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_w}$$

Onde  $\gamma_w$  é o coeficiente de ponderação da resistência da madeira no estado limite último em que a compressão, tração e cisalhamento paralela às fibras possuem valores respectivamente  $\gamma_{wc} = 1,4$ ,  $\gamma_{wt} = 1,8$  e  $\gamma_{wv} = 1,8$  enquanto no estado limite de utilização possui valor  $\gamma_w = 1,0$  (MOLITERNO, 2010).

A resistência característica  $f_k$  é calculada pela equação 2 abaixo:

Equação 2: Resistência.

$$f_k = \frac{\sum f_i}{n} - 1,64 \sqrt{\frac{\sum (\frac{\sum f_i}{n} - f_i)^2}{n}}$$

Onde  $f_i$  é a resistência de corpo de prova de madeira e  $n$  é o número de corpos de provas de madeira. O coeficiente modificador é o produto de três coeficientes conforme a equação 3 abaixo:

Equação 3: Coeficiente modificador.

$$k_{mod} = k_{mod,1} k_{mod,2} k_{mod,3}$$

O primeiro coeficiente,  $k_{mod,1}$  leva em consideração a duração do carregamento conforme a quadro 3 abaixo, o segundo leva em consideração a umidade do meio ambiente conforme o quadro 4 abaixo e o terceiro a categoria da madeira conforme o quadro 5 abaixo.

Quadro3:  $k_{mod,1}$ : efeito da duração do carregamento.

| $k_{mod,1}$ : efeito da duração do carregamento |   |                    |
|---|---|--------------------|
| Classes de carregamento                         | Tipos de Madeira  |                    |
|   | Madeira serrada<br>Madeira Colada<br>Madeira compensada | Madeira Recompоста |
| Permanente                                      | 0,60  | 0,30               |
| Longa duração                                   | 0,70  | 0,45               |
| Média duração                                   | 0,80  | 0,65               |
| Curta duração                                   | 0,90  | 0,90               |
| Instantânea                                     | 1,10  | 1,10               |

Fonte: MOLITERNO (2010).

Quadro 4:  $k_{mod,2}$ : efeito da umidade do meio ambiente.

| $k_{mod,2}$ : efeito da umidade do meio ambiente |   |   |
|--|---|---|
| Classes de Umidade                               | Umidade relativa do ambiente $U_{amb}$                  | Umidade de equilíbrio da madeira $U_{eq}$ |
| 1  | $U_{amb} \leq 65\%$                                     | 12%                                       |
| 2  | $65\% < U_{amb} \leq 75\%$                              | 15%                                       |
| 3  | $75\% < U_{amb} \leq 85\%$                              | 18%                                       |
| 4  | $U_{amb} > 85\%$  | $\geq 25\%$                               |
| Classes de Umidade                               | Madeira serrada<br>Madeira colada<br>Madeira compensada | Madeira recomposta                        |
| 1 e 2  | 1,0   | 1,0                                       |
| 3 e 4  | 0,8   | 0,9                                       |

Fonte: MOLITERNO (2010).

A determinação da umidade que pode ser pela equação 5 abaixo:

Equação 4: Determinação da umidade

$$U = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100$$

Onde  $m_i$  é a massa inicial úmida da madeira e  $m_s$  é a massa seca da madeira.

Quadro 5:  $k_{mod,3}$ : efeito da umidade do meio ambiente.

| $k_{mod,3}$ : efeito da categoria da madeira |     |
|--|-----|
| Madeira de 1º categoria                      | 1,0 |
| Madeira de 2º categoria                      | 0,8 |

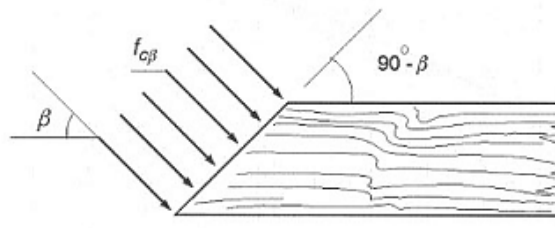
Fonte: MOLITERNO (2010).

Para resistências normais inclinadas às fibras de madeira é representada pela fórmula de Hankinson, conforme na equação 5 e a figura 2 que mostra resistência de compressão inclinada abaixo:

Equação 5: Resistência de compressão.

$$f_{c\beta} = \frac{f_{cn} f_c}{f_c \sin^2 \beta + f_{cn} \cos^2 \beta}$$

Figura 2: Resistência de compressão inclinada de uma peça de madeira



Fonte: MOLITERNO (2010).

### 3.5 MÓDULO DE ELASTICIDADE DA MADEIRA

Nas verificações de segurança (Estados Limites Últimos) em que os esforços solicitantes dependam da rigidez da madeira, assim é adotado um valor efetivo do módulo de elasticidade na direção das fibras (PFEIL, 2003) conforme na equação 6 abaixo:

Equação 6: Elasticidade na direção das fibras.

$$E_{c,ef} = k_{mod,1} k_{mod,2} k_{mod,3} E_c$$

O módulo de elasticidade  $E_c$ , na direção das fibras, é medido no ensaio de compressão. O módulo pode ser avaliado na relação com o módulo de elasticidade aparente no ensaio de flexão para coníferas e dicotiledôneas (NBR 7190, 1997) conforme na equação 7 para coníferas e 8 para dicotiledôneas abaixo:

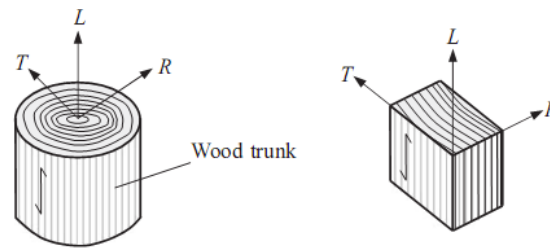
Equação 7. Flexão para coníferas e flexão para dicotiledôneas.

$$E_A = 0,85E_c$$

$$E_A = 0,90E_c$$

Os três eixos da madeira em que suas propriedades podem variar em três eixos: longitudinal, radial e tangencial (RITTER, 1990). Na figura 3 abaixo mostra as peças de madeira cilíndrica e paralelepípedo (PORTEOUS.; KERMANI, 2007).

Figura 3. Peças de madeira cilíndrica e paralelepípedo.



Fonte: PORTEOUS.; KERMANI (2007).

### 3.6 AÇÕES NAS ESTRUTURAS DE MADEIRA

#### 3.5.1 AÇÃO PERMANENTE, VARIÁVEL E EXCEPCIONAL

Um profissional com ótima experiência tem a capacidade de fazer desenhos na forma de anteprojeto e elaborar o cálculo de verificação de estabilidade aceitando ou alterando as dimensões da seção da peça de madeira por intuição (MOLITERNO, 2010).

Nas estruturas de madeira estão sujeitas a ações que podem ser: permanente, variáveis e excepcionais. As ações são as causas que provocam os esforços ou deformações nas estruturas. A ação permanente é aquela está relacionada com o peso próprio da estrutura, a ação variável está relacionada com as cargas acidentais que são as pessoas, mobiliários, materiais diversos, etc. A ação excepcional é aquela que tem duração extremamente curta e muito baixa de probabilidade de ocorrência na vida da estrutura (MOLITERNO, 2010).

No Estado Limite Último tem o objetivo de garantir que as estruturas não entrem em rutura (PINHEIRO, 2012), e por sua simples ocorrência por ocasionar a paralisação no todo ou parte do uso da construção (MOLITERNO, 2010). O Estado Limite de Utilização tem o objetivo de garantir o controle da deformação excessiva de elementos e vibrações não debilitando elementos como paredes de alvenaria (PINHEIRO, 2012). No Estado Limite Último para calcular as combinações das ações normais usa-se a equação 8:

Equação 8: Combinações das ações normais.

$$S_d = \sum \gamma_g G_i + \gamma_q Q_1 + \sum \gamma_q \psi_{0i} Q_i$$

Quadro 6: Coeficientes  $\gamma_f$  de majoração das ações no estado limite de projeto

| Coeficientes $\gamma_f$ de majoração das ações no estado limite de projeto |                      |                         |   |                                   |
|--|----------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|
| Ações Permanentes  |                      |                         | Ações variáveis                                       |                                   |
| Combinação   | cargas permanentes   |                         | Ações variáveis em geral, incluídas acidentais móveis | Variação de temperatura ambiental |
|  | Grande variabilidade | Pequena Variabilidade e |   |                                   |
|  | $\gamma_g$           | $\gamma_g$              | $\gamma_q$  | $\gamma_q$                        |
| Normal   | 1,4 (0,9)            | 1,3 (1,0)               | 1,4   | 1,2                               |
| de construção  | 1,3 (0,9)            | 1,2 (1,0)               | 1,2   | 1,0                               |
| Excepcional  | 1,2 (0,9)            | 1,1 (1,0)               | 1,0   | 0                                 |

Os valores entre parênteses correspondem a ações permanentes favoráveis à segurança  
 (\*) Peso próprio de elementos de madeira classificada estruturalmente, cujo peso específico tenha coeficiente de variação não superior a 10%

Fonte: PFEIL (2003).

Quadro 7: Fatores de combinação  $\psi_0$  e de utilização  $\psi_1$  (frequente) e  $\psi_2$  (quase permanente)

| Fatores de combinação $\psi_0$ e de utilização $\psi_1$ (frequente) e $\psi_2$ (quase-permanente) |   |          |          |          |
|---|---|----------|----------|----------|
| Descrições das Ações  |   | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
| Ações ambientais em estruturas correntes  | Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local   | 0,6      | 0,5      | 0,3      |
|   | Pressão dinâmica do vento   | 0,5      | 0,2      | 0        |
| cargas acidentais em edifícios  | Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos fixos, nem de elevadas concentrações de pessoas | 0,4      | 0,3      | 0,2      |
|   | Locais onde há predominância de pesos de equipamentos fixos ou de elevadas concentrações de pessoas       | 0,7      | 0,6      | 0,4      |
|   | Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens  | 0,8      | 0,7      | 0,6      |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos  | pontes de pedestres   | 0,4      | 0,3      | 0,2*     |
|   | pontes rodoviárias  | 0,6      | 0,4      | 0,2*     |
|   | pontes ferroviárias   | 0,8      | 0,6      | 0,4*     |

\*Admite  $\psi_2 = 0$  quando a ação variável de base da combinação for um sismo

Fonte: PFEIL (2003).

No Estado Limite de Utilização as ações são combinadas sem majoração ( $\gamma_f = 1$ ) (PFEIL, 2003). A NBR 7190 define quatro tipos de combinações para o Estado Limite de Utilização sendo a equação 9 abaixo representando as combinações de longa duração e equação 10 abaixo representando as combinações de média duração (frequente), curta duração (rara) e de duração instantânea adotadas na ordem crescente de rigor de controle de deslocamentos (PFEIL, 2003):

Equação 9: Combinações de longa duração.

$$S_d = \sum G_i + \sum \psi_{2i} Q_i$$

Equação 10: Combinações de média duração (frequente), curta duração (rara).

$$S_d = \sum G_i + \psi_n Q_1 + \sum \psi_k Q_i$$

### 3.7 GEOMETRIA DA PEÇA DE MADEIRA RETANGULAR

A peça de madeira possui como geometria da seção retangular sendo  $b$  a base e  $h$  a largura, em que se pode calcular a inércia  $I$  e módulo de resistência  $W$  desta peça. Nas equações 11, 12, 13 e 14 abaixo mostra o cálculo da inércia e do módulo de resistência de uma peça de madeira tanto na direção  $x$  como na direção  $y$ . Na figura 4 mostra abaixo a seção de peça de madeira onde  $y$  e  $z$  são os eixos  $b$  e  $h$  os comprimentos da seção da peça de madeira.

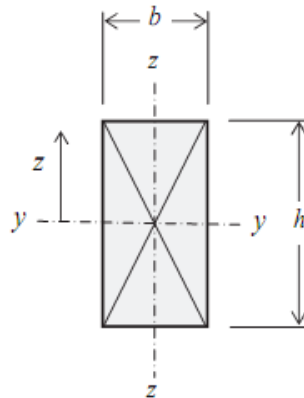
$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (11)$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} \quad (12)$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} \quad (13)$$

$$W_y = \frac{hb^2}{6} \quad (14)$$

Figura 4: Seção de peça de madeira onde y e z são os eixos b e h os comprimentos da seção da peça de madeira



Fonte: PORTEOUS.; KERMANI (2007).

### 3.8 ESTADO DE LIMITE ÚLTIMO DE INSTABILIDADE LATERAL

A verificação de instabilidade lateral pode ser dispensada para vigas de seção retangular caso contrário a equação 15 abaixo mostra o coeficiente de esbelteza  $\lambda_b$  e na equação 16 abaixo o coeficiente de correção  $\beta_M$  utilizadas em outros tipos de seções.

$$\lambda_b = \frac{L_1}{b} \leq \lambda_0 = \frac{E_{c,ef}}{\beta_M f_{cd}} \quad (15)$$

$$\beta_M = \frac{1}{0,26\pi \gamma_{wc}} \frac{\beta_E \left(\frac{h}{b}\right)^{\frac{3}{2}}}{\left(\frac{h}{b} - 0,63\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (16)$$

Nos cálculos o coeficiente de correção assume o valor  $\beta_E = 4$  e o coeficiente de ponderação de resistência à compressão assume o valor  $\gamma_{wc} = 1,4$ .

### 3.9 SOLICITAÇÕES DA PEÇA DE MADEIRA RETANGULAR

A peça de madeira possui como solicitações na seção retangular o momento fletor  $M$ , esforço cortante  $V$  e a tensão cisalhante  $\tau$ . Nas equações 17, 18, 19, 20, 21 e 22 abaixo mostra o cálculo do momento fletor, esforço cortante e da tensão cisalhante de uma peça de madeira na direção  $x$  como na direção  $y$ . A figura 5

abaixo mostra peça de madeira sendo mostradas forças de cisalhamento aplicadas na mesma.

$$M_{xd} = \frac{q_{xd}L^2}{8} \quad (17)$$

$$M_{yd} = \frac{q_{yd}L^2}{8} \quad (18)$$

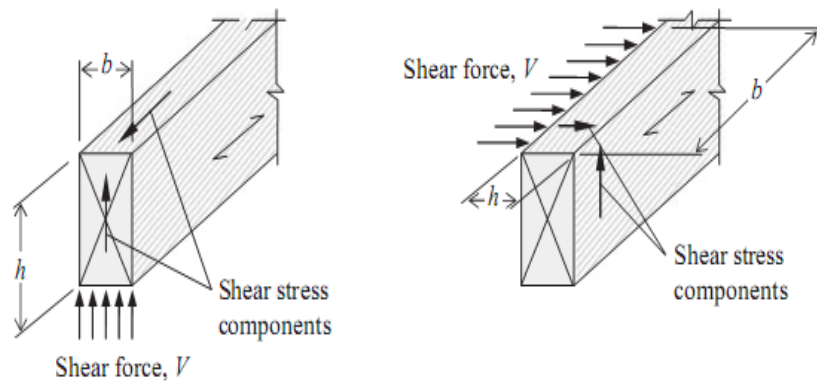
$$V_{xd} = \frac{q_{xd}L}{2} \quad (19)$$

$$V_{yd} = \frac{q_{yd}L}{2} \quad (20)$$

$$\tau_{xd} = \frac{3V_{xd}}{2bh} \quad (21)$$

$$\tau_{yd} = \frac{3V_{yd}}{2bh} \quad (22)$$

Figura 5: Peça de madeira sendo mostradas forças de cisalhamento aplicadas na mesma.



Fonte: PORTEOUS; KERMANI (2007).

A fluência da madeira  $\varphi$  sofre deformação lenta devido a ações de cargas demoradas (PFEIL, 2003). As deflexões de peça de madeira podem ser estimadas com módulo de elasticidade efetivo  $E_{c,ef}$  reduzido em relação ao valor médio  $E$  medido em ensaios rápidos descrito pela equação 23 abaixo

$$E_{c,ef} = \frac{1}{(1 + \varphi)} E \quad (23)$$

A deflexão da peça de madeira pode ser calculada assumindo que as cargas combinadas estão em vigas simplesmente apoiadas (TIMOSHEKO, 1994). A equação 24 mostra a deflexão com base na equação 14 e a equação 25 mostra a deflexão com base na equação 15 sendo descritas abaixo:

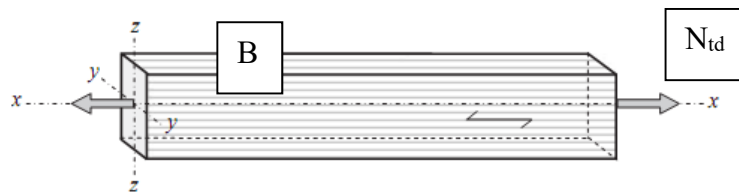
$$\delta_x = 5 \frac{q_x L^4}{384 I_x E_{c,ef}} \quad (24)$$

$$\delta_y = 5 \frac{q_y L^4}{384 I_y E_{c,ef}} \quad (25)$$

A deflexão não pode ultrapassar a condição da equação 26 abaixo descrita:

$$\delta_{lim} \leq \frac{L}{200} \quad (26)$$

Figura 6: Deflexão em peça de madeira



Fonte: PORTEOUS.; KERMANI (2007).

## 4. METODOLOGIA

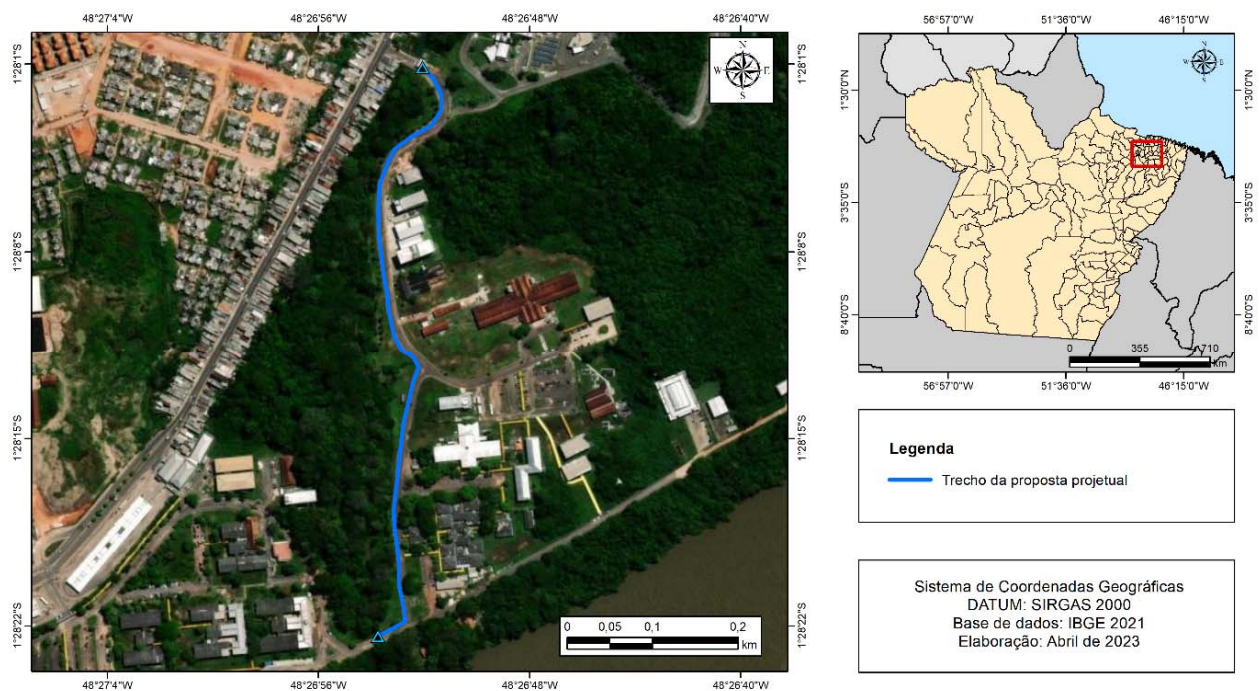
### 4.1 TIPOLOGIA DO ESTUDO

A partir dos objetivos traçados, este trabalho é composto por três fases: A primeira tem um cunho de pesquisa básica, ou seja, estudo teórico a partir de bibliografias bases e de dados qualitativos, pois há resgate de questões abordadas na literatura (GIL, 1991). A base teórica traz fundamentação para entender como pode se desenvolver o anteprojeto. As outras duas fases, dadas por conhecimento da área e projeção do anteprojeto, são de natureza descritiva, com levantamento de campo. Nesta fase, usa-se de práticos para recorrer às informações e dados relevantes, bem como o que foi coletado na fase teórica (VOLPATO, 2017).

## 4.2 ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o anteprojeto está situada no bairro do Guamá, em Belém do Pará, no interior da Universidade Federal do Pará (UFPA) (Figura 7). O trecho em questão tem aproximadamente 750 metros de distância e um usuário percorre a pé em cerca de 10 minutos e de bicicleta 2 minutos.

Figura 7: Mapa de localização do local escolhido para construção do anteprojeto.



Fonte: Autores próprios (2023), elaborado pelo Software QGIS.

O trecho em questão está o portão de acesso 4 do Campus Universitário, por onde a comunidade acessa todo o Campus, e que também dá acesso ao Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza. A estrutura da UFPA comporta mais de 50 mil pessoas, entre eles, alunos, funcionários, servidores administrativos, docentes, etc. E há uma grande movimentação de pessoas por todo o Campus. Também, esse trecho interliga o portão de acesso 4 do Campus Universitário até a área do Campus profissional da UFPA, após o trecho proposto, depois da ponte. Para uma melhor visualização do local estudado, elaborou-se um mosaico com imagens do local (Figura 8.1).

Figura 8.1: Mosaico com fotografias do local de estudo.



Fonte: Autores próprios (2023).

Como se pode perceber, nas imagens do mosaico, há na região elementos naturais do meio ambiente e de suma importância como um igarapé Sapucajuba e o arvoredo como um todo, os quais caracterizam o meio ambiente natural, em quanto que o meio ambiente cultural do trecho é caracterizado pelo valor histórico e paisagístico que refletem o típico cenário Amazônico. A Bacia hidrográfica do Igarapé Sapucajuba encontra-se inserida no setor da Saúde da Universidade Federal, a sua foz desagua no Rio Guamá e há a conservação da mata ciliar ao longo de suas margens e as características físicas apresentadas no quadro 8.

Quadro 8: Caracterização Física da Bacia Hidrográfica do Igarapé Sapucajuba.

| Bacia      | Comprimento do Exultório (m) | Comprimento da Bacia (m) | Largura Média da Bacia (m) | Área Verde (m <sup>2</sup> ) | Área Urbanizada (m <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Sapucajuba | 1.082                        | 2.355                    | 363                        | 630,389                      | 356,251                           |

Fonte: Almeida (2017)

Em relação às marés na área de estudo, sua batimetria<sup>2</sup> varia entre 0.51 e 3.6 metros, estes dados são resultado de uma pesquisa, em que se realizou uma modelagem a partir de dados do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SISBAHIA) (CUNHA, 2017). A região amazônica, onde se encontra o Igarapé Sapucajuba, é caracterizada por um regime de chuvas regulares, o que resulta em consideráveis descargas fluviais e alta turbidez (profundidade Secchi inferior a 0,5 metros) na área de estudo. Em geral, a topografia plana, o grande aporte fluvial e a influência das correntes de maré são os principais fatores que controlam a deposição e a dispersão de sedimentos na baía de Guajará (GREGÓRIO; MENDES, 2009; SANTOS, 2014).

Durante os períodos de chuva, os rios experimentam fluxos mais intensos de água, o que foi considerado nas simulações devido às altas precipitações, principalmente no mês de abril na região. Além disso, durante esse período, há um aumento na amplitude das marés. Esses fatores foram responsáveis pelo aumento das velocidades e do volume de água nos rios em comparação com os cenários de estiagem (BÖCK, 2010). Destaca-se que nessa Região do Igarapé Sapucajuba a batimetria é de grande importância para compreender a configuração do fundo da baía, as características dos sedimentos depositados e a influência dos processos hidrodinâmicos nessa região (GREGÓRIO; MENDES, 2009).

Enfatiza-se que nos maiores valores de batimetria, pode-se haver alagamentos. Eventuais alagamentos na Bacia do Igarapé Sapucajuba, dentro da área da Saúde da UFPA, podem ser influenciados pelo aumento das marés do Rio Guamá e pela falta de manutenção adequada (ALMEIDA; PENNER, 2017). Gregório e Mendes (2010) relatam que o regime de chuvas regulares, típico da região Amazônica, mantém os níveis altos desses rios na maioria do ano. Salienta-se que soluções mais sustentáveis para os padrões de canais de drenagem, as chamadas "infraestruturas verdes"; ampliação da arborização urbana; educação ambiental e utilizar bacias hidrográficas como unidade de planejamento territorial, de forma a aumentar a permeabilidade do solo.

---

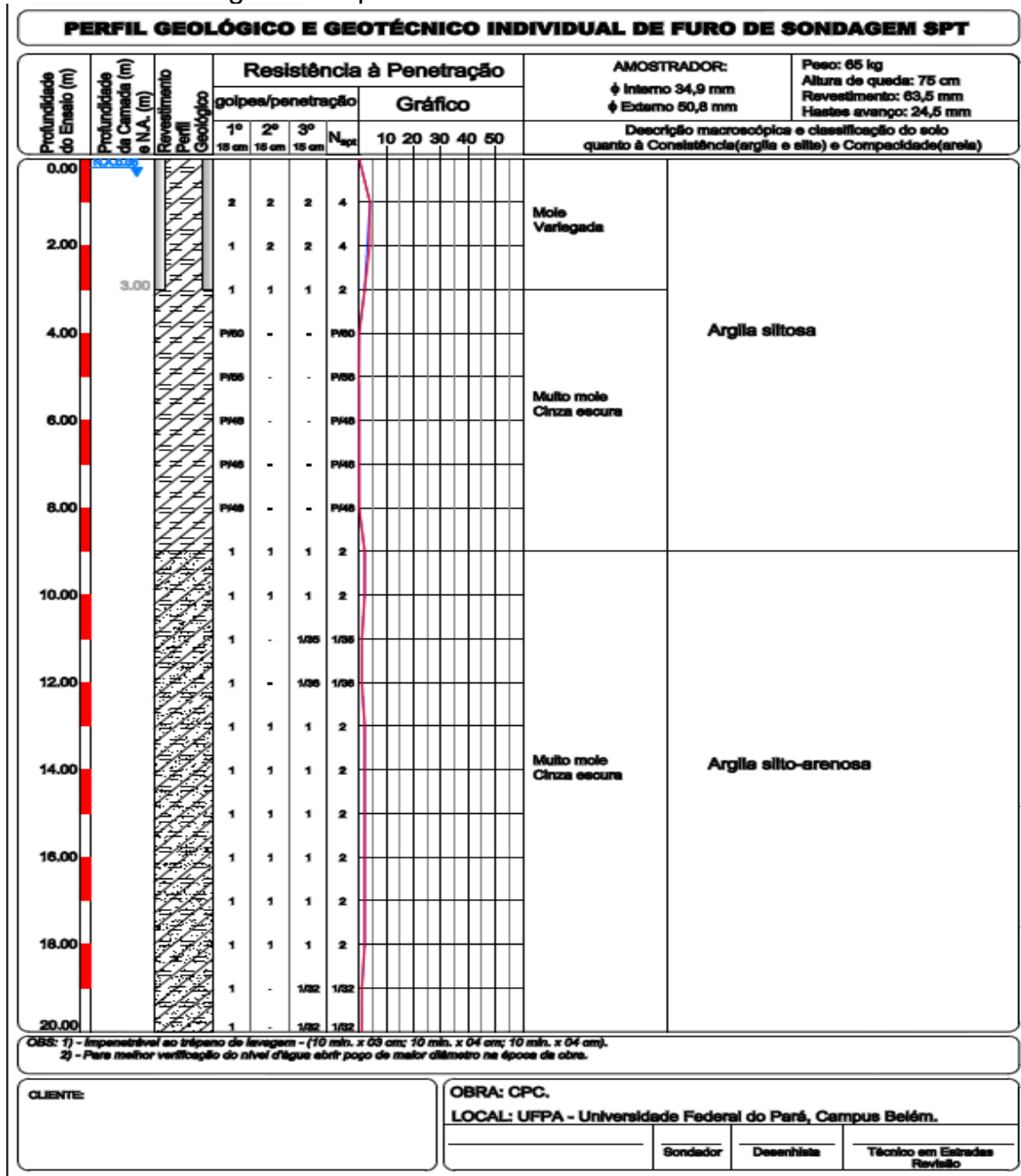
<sup>2</sup> medição da profundidade de um curso aquático.

Quando coincide um período de chuva intensa com o de cheia do Rio Guamá, há um agravamento das inundações ao longo do igarapé Sapucajuba e adjacências, devido à entrada das águas de maré altas no rio. O fenômeno das marés contribui de forma significativa para a ocorrência das inundações na cidade de Belém como um todo, seja pela própria inundação de áreas ribeirinhas pelas águas da baía do Guajará e do rio Guamá ou ainda pela obstrução das águas que seriam drenadas pelos canais e igarapés na cidade.

Os solos presentes na UFPA campus Guamá tem formação de sedimentos durante o transporte Aluvial, com cerca de 130 metros de profundidade. Estes solos possuem características típicas dessa área, mesclada por uma camada de argila orgânica de consistência mole a muito mole, seguido de argila enrijecida. As camadas mais profundas possuem intercalações de argila e areias medianamente compactas a compactas até o limite das sondagens (FREITAS et al., 2016).

Especificamente em relação ao solo na área, considerando o perfil geológico e geotécnico individual de furo de sondagem SPT pelo método a percussão fornecido pela prefeitura do campus da UFPA (Quadro 9), pode-se inferir a presença de solo com características mole e muito mole há profundidades superiores a 20 metros, de acordo com a localização da sondagem. Considerando que há enchentes locais em certos períodos e o tipo de solo local, o pavimento e obras de engenharia devem ser executados de forma precisa, a fim de evitar recalques locais. Então apesar da carga de uma ciclovia ser considerada baixa em relação a outros projetos de engenharia, recomenda-se a adição de solo mais resistente na área.

Quadro 9: Sondagem SPT por Percussão



Fonte: Autores (2023), adaptado SONDACIL.

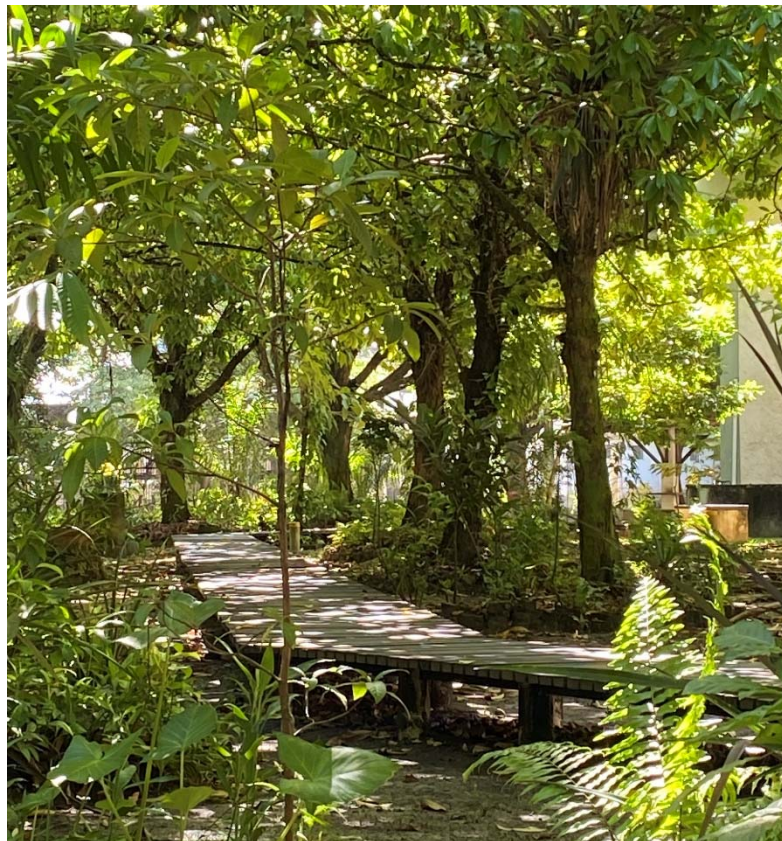
#### 4.3 APOIO METODOLÓGICO: PROJETO DE CICLOVIA SAPUCAJUBA/UFPA

Na UFPA, já existem iniciativas construtivas nesse sentido, como ilustrado na figura 8.2, uma passarela de pedestres construída em madeira no setor profissional do campus, próxima ao prédio da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA). É importante destacar que a incorporação de construções em madeira no campus universitário pode trazer benefícios significativos em termos de sustentabilidade, eficiência energética, rapidez na construção, flexibilidade

arquitetônica, conforto e oportunidades de aprendizado e pesquisa. Essas construções podem contribuir para a criação de um ambiente universitário mais consciente, acolhedor e alinhado com práticas sustentáveis.

Assim como a passarela já existente, a implantação de uma ciclovia na UFPA desempenharia um papel fundamental ao promover a mobilidade sustentável, a saúde, a integração social e a consciência ambiental entre a população universitária. Essas estruturas seriam essenciais para criar um ambiente acadêmico mais acessível, sustentável e saudável, trazendo benefícios para toda a comunidade universitária e incentivando práticas que podem ser replicadas na sociedade como um todo.

Figura 8.2: Passarela de pedestres em madeira do Campus da UFPA



Fonte: Autores próprios (2023).

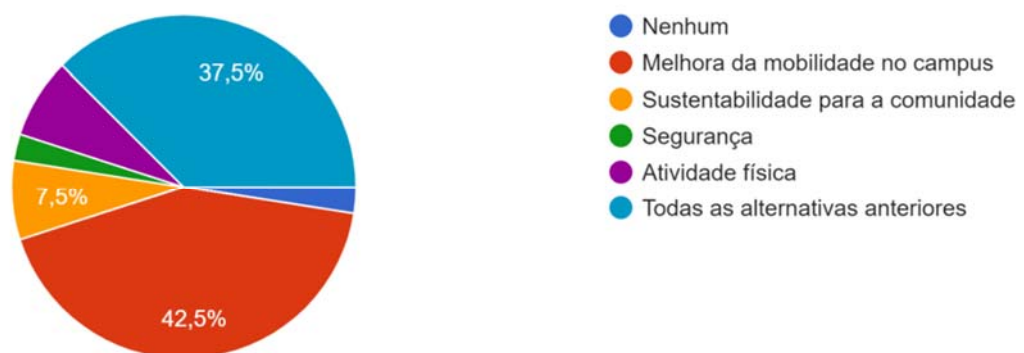
Para realizar a coleta de percepções da comunidade em relação à implantação de uma ciclovia na Universidade Federal do Pará (UFPA), foi aplicado um questionário fechado com três perguntas-chaves. É válido ressaltar que a escolha por um questionário fechado como método de coleta de dados proporciona

uma visão clara e objetiva das percepções dos participantes, uma vez que eles são direcionados a selecionar opções predefinidas. Essa abordagem permite uma análise quantitativa das respostas, facilitando a interpretação dos resultados e a identificação de tendências (GIL, 2010).

O questionário foi respondido por um total de 40 indivíduos que frequentam e transitam pelo campus universitário. A primeira questão apresentada no questionário foi: "Você acredita que a criação de uma ciclovia na cidade seria benéfica para a Universidade?" Nesse sentido, é importante destacar que todas as respostas obtidas foram favoráveis, totalizando 100% de aprovação por parte dos participantes.

Posteriormente, buscando identificar os principais benefícios esperados com a implementação da ciclovia, foi questionado aos participantes: "Quais seriam os principais benefícios que você espera que uma ciclovia traga para o seu dia-a-dia?" Os resultados apontaram que 42,5% dos entrevistados afirmaram que a criação da ciclovia traria aprimoramento e melhoria na mobilidade para aqueles que utilizam o espaço e necessitam de locomoção. O Gráfico 1, anexo ao texto, ilustra de forma visual as respostas obtidas nessa questão.

Gráfico 1. Compreensão da percepção dos usuários do local sobre benefícios da implementação de uma ciclovia.



Fonte: Autores (2023).

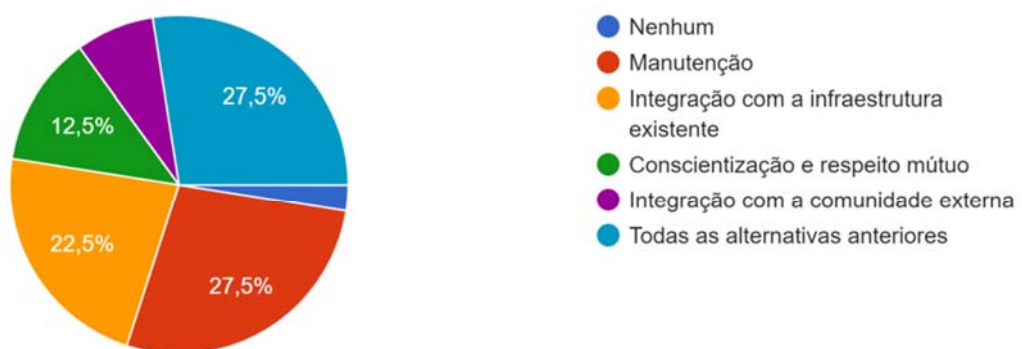
Esses dados revelam um alto nível de aceitação e expectativa positiva em relação à criação da ciclovia dentro da comunidade universitária. A possibilidade de melhorar a mobilidade e o deslocamento no campus é percebida como um benefício

significativo para a rotina diária dos indivíduos envolvidos. Essa informação é relevante para embasar futuras tomadas de decisão e ações voltadas para o planejamento e implementação de infraestruturas adequadas à promoção de uma mobilidade sustentável e eficiente na UFPA.

Ao considerar os benefícios esperados com a implantação da ciclovia, aprimorar a mobilidade e a locomoção é um aspecto essencial destacado pelos entrevistados. Isso sugere que a criação de uma infraestrutura cicloviária adequada contribuirá para a otimização dos deslocamentos no campus universitário, beneficiando não apenas os estudantes, mas também professores, funcionários e demais membros da comunidade acadêmica.

No âmbito da coleta de percepções sobre a criação de uma ciclovia na Universidade Federal do Pará, a terceira pergunta formulada no questionário teve o seguinte teor: "Quais são as principais preocupações ou desafios que você enxerga em relação à criação de uma ciclovia dentro da Universidade?" É relevante destacar que dois pontos em particular geraram um empate nas respostas obtidas: a manutenção da ciclovia e todas as alternativas mencionadas. Essa constatação indica que existe uma considerável preocupação acerca dos desafios associados à implementação e à manutenção de uma infraestrutura cicloviária no local proposto. Os resultados dessa questão estão representados de forma visual no Gráfico 2, presente como anexo ao texto.

Gráfico 2. Compreensão da percepção dos usuários do local desafios da implementação de uma ciclovia.



Fonte: Autores (2023).

A partir desses resultados, torna-se evidente a importância de considerar cuidadosamente essas preocupações e desafios no processo de tomada de decisões e no planejamento de ações futuras relacionadas à criação da ciclovia na UFPA. A manutenção adequada da infraestrutura é percebida como um aspecto crítico para garantir a funcionalidade e a segurança da ciclovia a longo prazo. Além disso, o fato de todas as alternativas mencionadas também terem sido destacadas como preocupações ressalta a complexidade do desafio, envolvendo questões como planejamento, segurança, integração com outros modos de transporte e conscientização da comunidade acadêmica.

É fundamental desenvolver estratégias eficientes para enfrentar os desafios identificados, como estabelecer um plano de manutenção regular, promover campanhas de conscientização sobre a utilização adequada da ciclovia e buscar parcerias e recursos para viabilizar a implantação e a operação dessa infraestrutura. Em resumo, a análise dos dados revela que a manutenção da ciclovia e todas as alternativas mencionadas emergiram como preocupações significativas no contexto da criação de uma ciclovia na Universidade.

A compreensão desses desafios é crucial para garantir o sucesso e a sustentabilidade do projeto, exigindo um planejamento cuidadoso, investimentos adequados e o envolvimento ativo da comunidade universitária. Essas informações são essenciais para orientar as ações futuras e as decisões relacionadas à implementação da ciclovia, visando superar os desafios identificados e promover uma mobilidade eficiente, segura e sustentável dentro da UFPA.

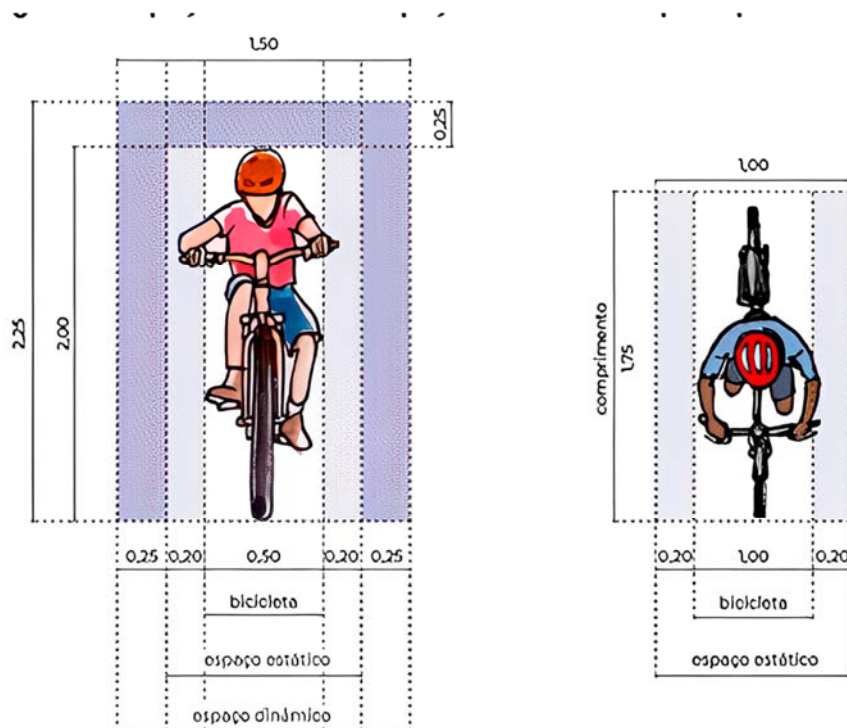
Além disso, também utilizou de modelos esquemáticos para se aproximar da possível ciclovia proposta, fazendo as marcações dos obstáculos por onde irá passar a ciclovia e fazer os ajustes e cálculos do traçado. Há dois tipos de ciclovias, unidirecional e bidirecional, que possuem tamanhos já definidos, na ciclovia unidirecional precisa de 1,2 metros para ciclista se locomover enquanto na ciclovia bidirecional precisa de 2,5 metros útil. Assim, nas figuras 9 e 10 abaixo mostram, respectivamente, a ciclovia unidirecional e bidirecional:

Figura 9: Ciclovia unidirecional (A). Ciclovia bidirecional (B)



Fonte: Autores próprios (2023).

Figura 10: Espaço de um ciclista em ciclovia.



Fonte: (CET, 2020).

No processo de planejamento da ciclovia, foram empregados recursos tecnológicos, como o software de desenho AutoCAD, para auxiliar na elaboração do traçado e na estrutura preliminar da infraestrutura. Essa ferramenta foi utilizada com base nos dados coletados durante a pesquisa, os quais serviram de base para estabelecer as premissas do anteprojeto, como a largura útil e total da ciclovia, além da seleção do lado da via onde a implantação seria mais adequada.

A utilização do *software* AutoCAD permitiu um planejamento detalhado e preciso, contribuindo para a definição dos aspectos técnicos essenciais da ciclovia. Através dessa plataforma, foi possível criar desenhos digitais que representam o traçado preliminar da infraestrutura, considerando as dimensões estabelecidas e as características específicas do ambiente em que a ciclovia será implantada.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANTEPROJETO

Um anteprojeto é determinado a partir de um esboço do projeto que antecipa alguns estudos técnicos de forma preliminar, considerando as demandas dos clientes e tem como propósito determinar a melhor solução técnica e definir diretrizes preliminares e características a serem desenvolvidas e projetadas na elaboração do projeto básico da obra. Na fase de Anteprojeto observa-se a área a ser construída, viabilidade técnica, padrões de acabamento e custo unitário do projeto, assim como sua justificativa (fato motivador) e ainda o retorno esperado. Também, há significativa importância para análise de impacto socioambiental nessa etapa de projeto.

Então, geralmente, é nessa etapa que se costuma adotar o anteprojeto como referência para aprovação ou não do projeto de acordo com os elementos apresentados no quadro 10. Os elementos necessários, área construída, padrão de acabamento, custo unitário básico e análise socioambiental estão entre os resultados e discursões tratados nesse trabalho.

Quadro 10: Nível de precisão das fases do projeto.

| Tipo      | Precisão | Margem de Erro | Projeto     | Elementos Necessários  |
|-----------|----------|----------------|-------------|--|
| Avaliação | Baixa    | 30%            | Anteprojeto | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Área construída</li> <li>2. Acabamento Padrão</li> <li>3. Custo Unitário Básico</li> </ol> |

Fonte: (TCU, 2013)

## 5.2 PADRÃO DE ACABAMENTO

### 5.2.1 PADRÃO VISUAL

Segundo o Manual de Sinalização Urbana para Espaço Cicloviário, o padrão visual adequado para todos os espaços destinados às ciclovias deve ser o Padrão II. Esse padrão consiste na delimitação do espaço cicloviário por meio do uso de marcas longitudinais acompanhadas sempre por uma linha interna vermelha, conforme ilustrado na figura 11. Além disso, para o trecho em estudo, é recomendado o uso de um padrão mais elevado, com o revestimento total do piso utilizando tinta antiderrapante, como exemplificado na figura 12.

Existem soluções disponíveis que visam evitar escorregões e resistir aos danos causados pelo solo, sol e água. Um exemplo adequado é o revestimento Cetol Deck Antideslizante Sparlack, que é um verniz capaz de repelir a água e suportar o tráfego. Além disso, possui propriedades antifúngicas, protege contra os raios solares e a radiação UV, garantindo assim a proteção da madeira contra os elementos externos agressivos.

Figura 11: Padrão visual II da ciclovia da Represa Guarapiranga



Fonte: <http://www.aesul.com.br/circuito-turistico-da-represa-guarapiranga-ganha-mais-15-quilometro-de-ciclovia/>. (Acesso em 10 de Maio de 2023).

Figura 12.1: Padrão visual da primeira ciclovia em madeira do mundo na Holanda



Fonte: <https://materialdistrict.com/article/worlds-first-wooden-bicycle-path/>. (Acesso em 10 de Maio de 2023).

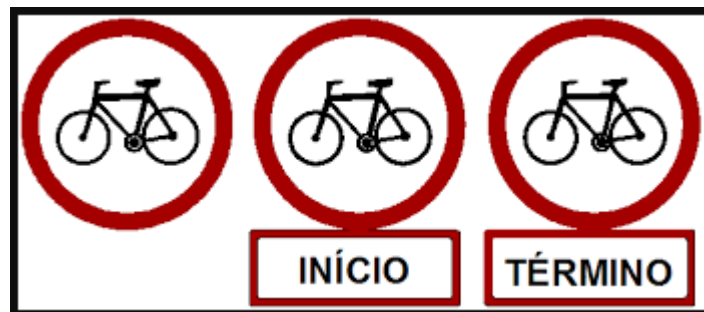
### 5.2.2 SINALIZAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL

As sinalizações verticais e horizontais nas ciclovias são importantes para reduzir o risco de acidentes entre os usuários. A horizontal é feita no pavimento e pode incluir faixas de delimitação, setas indicativas, símbolos de bicicleta e outros elementos que ajudam a orientar os ciclistas. Além disso, a sinalização horizontal destaca os locais mais perigosos da via cicloviária, garantindo maior segurança aos usuários. Já a sinalização vertical é fixada na parte superior da via cicloviária e pode incluir placas de regulamentação, advertência e indicação. Essas placas ajudam os ciclistas a se orientarem nas vias, indicando informações importantes como a direção correta a seguir, as regras de trânsito específicas para ciclistas e os locais onde é permitido ou proibido estacionar bicicletas, por exemplo. Dessa forma, a sinalização vertical também contribui para uma circulação mais segura e organizada dos ciclistas nas ciclovias.

As normas do Código Brasileiro de Trânsito (CTB) que regulamentam a sinalização cicloviária incluem a obrigatoriedade de toda via pública ter sinalização vertical e horizontal adequadas às suas características, a necessidade de demarcação das ciclovias e ciclofaixas com tinta vermelha nas calçadas e linhas paralelas, bem como sinais indicando o sentido de circulação para bicicletas. Além

disso, o CTB estabelece regras específicas para os ciclistas, como a obrigatoriedade do uso de capacete em vias de trânsito rápido e a proibição de transportar passageiros em bicicletas que não tenham sido projetadas para isso. As sinalizações verticais e horizontais na ciclovia do igarapé Sapucajuba estarão em conformidade com o regulamento do CTB, dentre as quais destacamos, para sinalização vertical, a figura 12.2 abaixo com a indicação da área, trecho da pista/via ou rota especial para ciclistas e seu início e fim. Já a horizontal será dada pelo revestimento na via indicando o sentido de tráfego, conforme padrão visual indicado.

Figura 12.2: Sinalização vertical



Fonte: Autores próprios (2023).

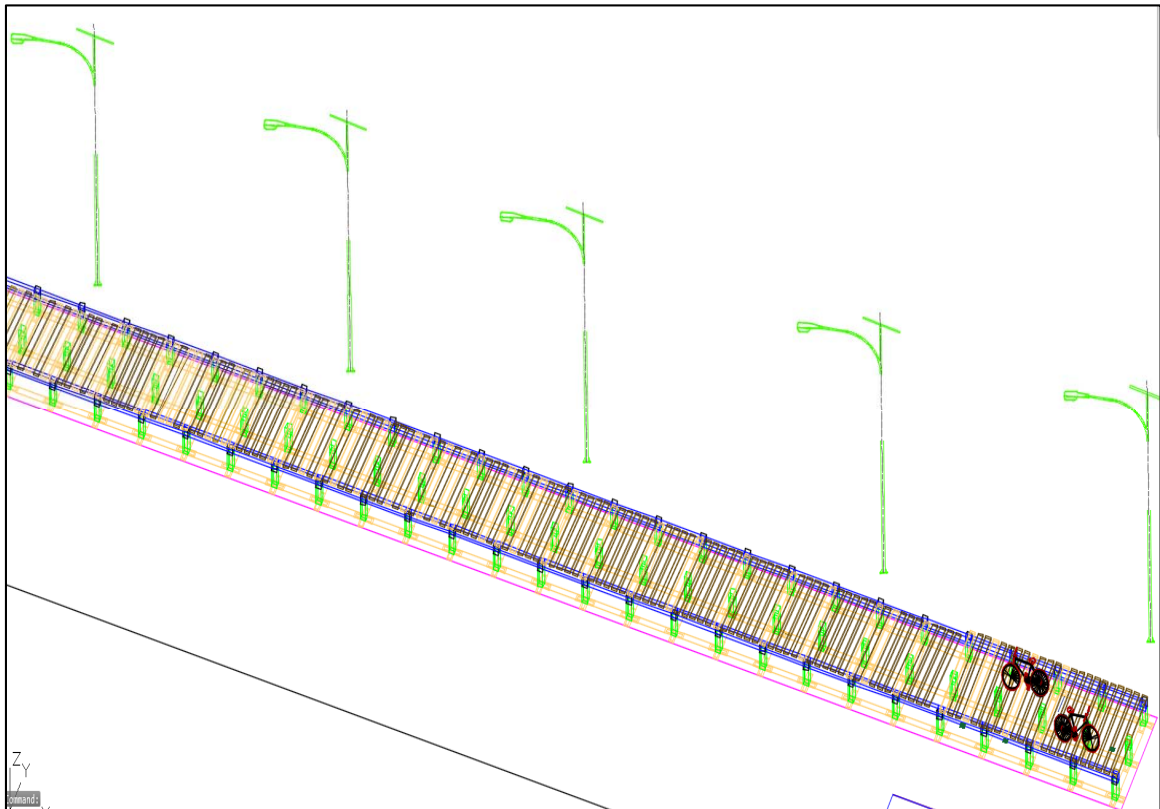
### 5.2.3 ILUMINAÇÃO E SEGURANÇA

Quanto ao mercado de iluminação já há um grande desenvolvimento tecnológico que atende os gostos requintados e exigentes de clientes no século XXI. Uma opção de iluminação para o projeto da ciclovia, seria primeiramente luminárias e placas solares, ou seja, usar a própria energia solar para iluminar a ciclovia no período noturno, sendo uma alternativa de energia renovável atendendo e suprimindo as necessidades conservar o meio ambiente devido às mudanças climáticas atuais.

Para uma ciclovia a iluminação fornece visibilidade conforme os seguintes requisitos (CEMIG, 2023): a) as alterações no trajeto e os limites da ciclovia e ciclofaixa; b) a presença de obstáculos fixos na superfície, tais como mobiliário urbano, árvores, etc.; c) a visualização de buracos e rachaduras na superfície da pista; d) a posição e a velocidade dos usuários da ciclovia; e) existência de cruzamentos com as vias que conduzem outro tipo de tráfego. As iluminarias devem ter um espaçamento mínimo de 3,5 metros vezes a altura de montagem (CEMIG,

2023). No caso da ciclovia bidirecional em estrutura de madeira no Sapucajuba a figura 13 abaixo mostra 5 luminárias iluminando toda a ciclovia fornecendo segurança para os ciclistas no período noturno.

Figura 13: Iluminação na ciclovia bidirecional em estrutura de madeira no Sapucajuba Campus de Saúde UFPA.

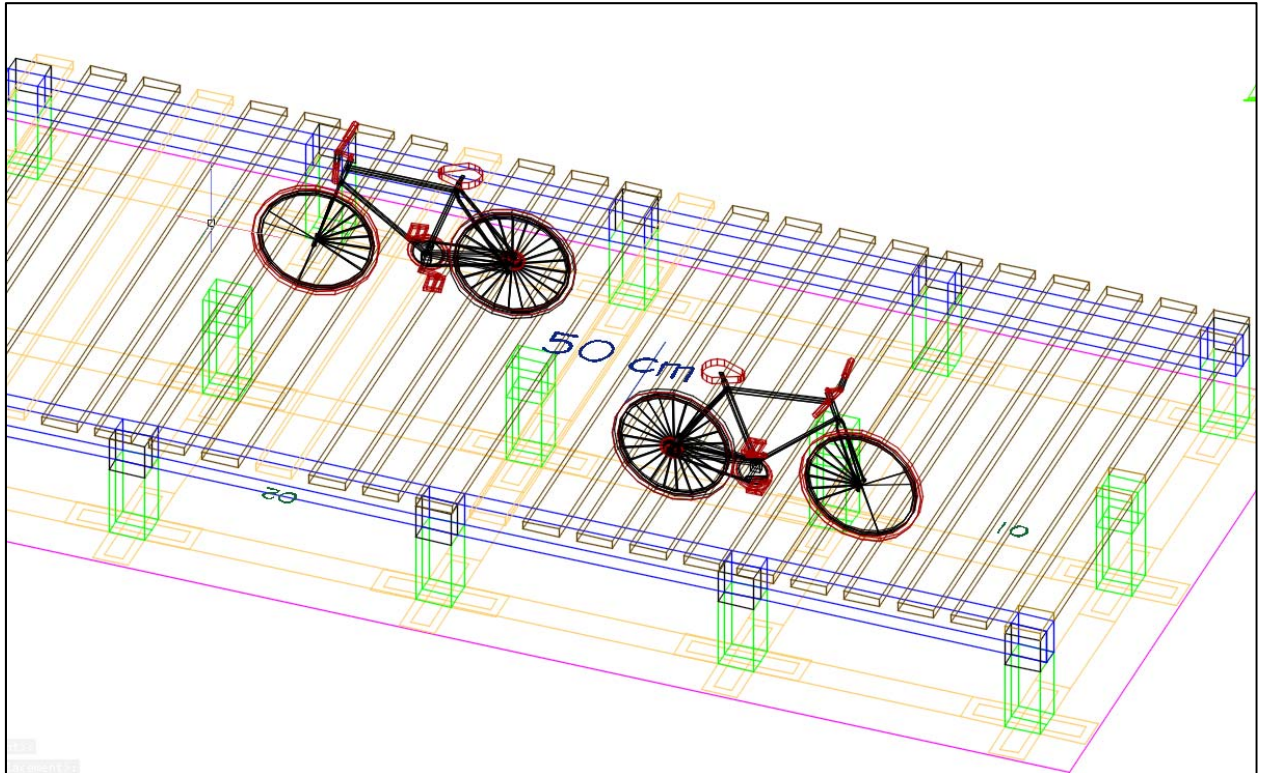


Fonte: Autores próprios (2023).

Na questão da segurança a ciclovia bidirecional em madeira fornecerá segurança aos ciclistas, pois estarão longe dos riscos de acidentes ocasionados por carros e ônibus. As pessoas só usam bicicletas se encontrarem segurança apropriada, pois conforme expõe CRUZ (2018) a construção de uma ciclovia é definida como segurança para os ciclistas que muitas vezes estão em situação de fragilidade diante da velocidade e tamanho de veículos automotores. Segundo WRBRASIL (2022) para uma ciclovia segura bem-sucedida ela deve obedecer aos seguintes requisitos: segurança, rotas diretas, coesão e distanciamento físico. A segurança no projeto da ciclovia bidirecional no igarapé Sapucajuba fornece visibilidade e facilidade para os ciclistas por ser uma ciclovia larga. O distanciamento

físico entre dois ciclistas possui 50 cm, assim as rotas diretas na ciclovia terão mais locomoção, sendo mais rápidas e seguras, conforme figura 14 abaixo.

Figura 14: Distância física dos ciclistas na ciclovia bidirecional em estrutura de madeira no Sapucajuba Campus de Saúde UFPA



Fonte: Autores próprios (2023).

No intuito de seguir soluções acessíveis e sustentáveis, também sugerimos a utilização de “árvores solares” ao longo da ciclovia do igarapé Sapucajuba, tal como presente na ciclovia do Rio Pinheiros no estado de São Paulo. As árvores são equipamentos projetados com um design semelhante a uma planta natural que utiliza filmes fotovoltaicos nas suas seis “folhas”, logo absorvem a energia solar e transformam em energia elétrica, podendo ser utilizada pelos usuários como fonte de carregamento via USB para equipamentos eletrônicos diversos e também como espaço de convivência, tal como ilustrado na figura 15.

Figura 15: Árvore Solar da Ciclovía do Rio Pinheiros no estado de São Paulo



Fonte: <https://www.jornalspnorte.com.br/governo-de-sp-entrega-sonorizacao-e-3a-fase-de-iluminacao-da-ciclovía-rio-pinheiros/> (Acesso em 10 de Maio de 2023).

### 5.3 ÁREA CONSTRUÍDA: TRAÇADO E GEOMETRIA

Para o traçado da ciclovía bidirecional a largura útil adotada foi de 2,50 metros, o mínimo requerido devido a trechos com restrição de espaço na área, já a largura total adotada foi de 3,00 metros e comprimento total obtido dos trechos foi de 692,3 metros. O intuito do traçado ciclováriário é representar graficamente este anteprojeto e dar subsídio para o projeto e construção, foi elaborado de acordo com o alinhamento dos elementos contidos na área, por exemplo, estruturas, árvores, postes e etc.; assim como identificar o trecho “crítico 1”, e o trecho onde a ciclovía seria suspensa ao igarapé Sapucajuba, e que deve ser bem observado no projeto.

Os elementos gráficos priorizados foram à área da ciclovía, contorno do terreno, vegetação, contorno do igarapé Sapucajuba e edificações presentes na área. Ressalta-se que o traçado proposto conecta o portão de acesso 4 do Campus Universitário para o campus tecnológico da UFPA, após a ponte e tem como balizamento, a manutenção da área verde e paisagismo na área, em consonância com os princípios desse anteprojeto. A área construída correspondente ao traçado e

geometria está ilustrada nas figuras, 16, 17, 18 e 19, onde constam os elementos: rampas, trecho crítico, trecho suspenso, com as cotas e raio mínimo, início e fim do trecho proposto.

De acordo com o Manual de Projetos de Ciclovias do DNIT (2008), é recomendado que o raio de curvatura mínimo para uma ciclovia seja de 15 metros. Isso garante uma curva mais suave e segura para os ciclistas, permitindo uma transição gradual entre as direções. No entanto, é importante considerar que, em determinadas situações, como em áreas urbanas densamente construídas ou em espaços restritos, pode ser necessário adaptar o raio de curvatura para se adequar às condições existentes, como é o caso para a ciclovia bidirecional para o Igarapé Sapucajuba.

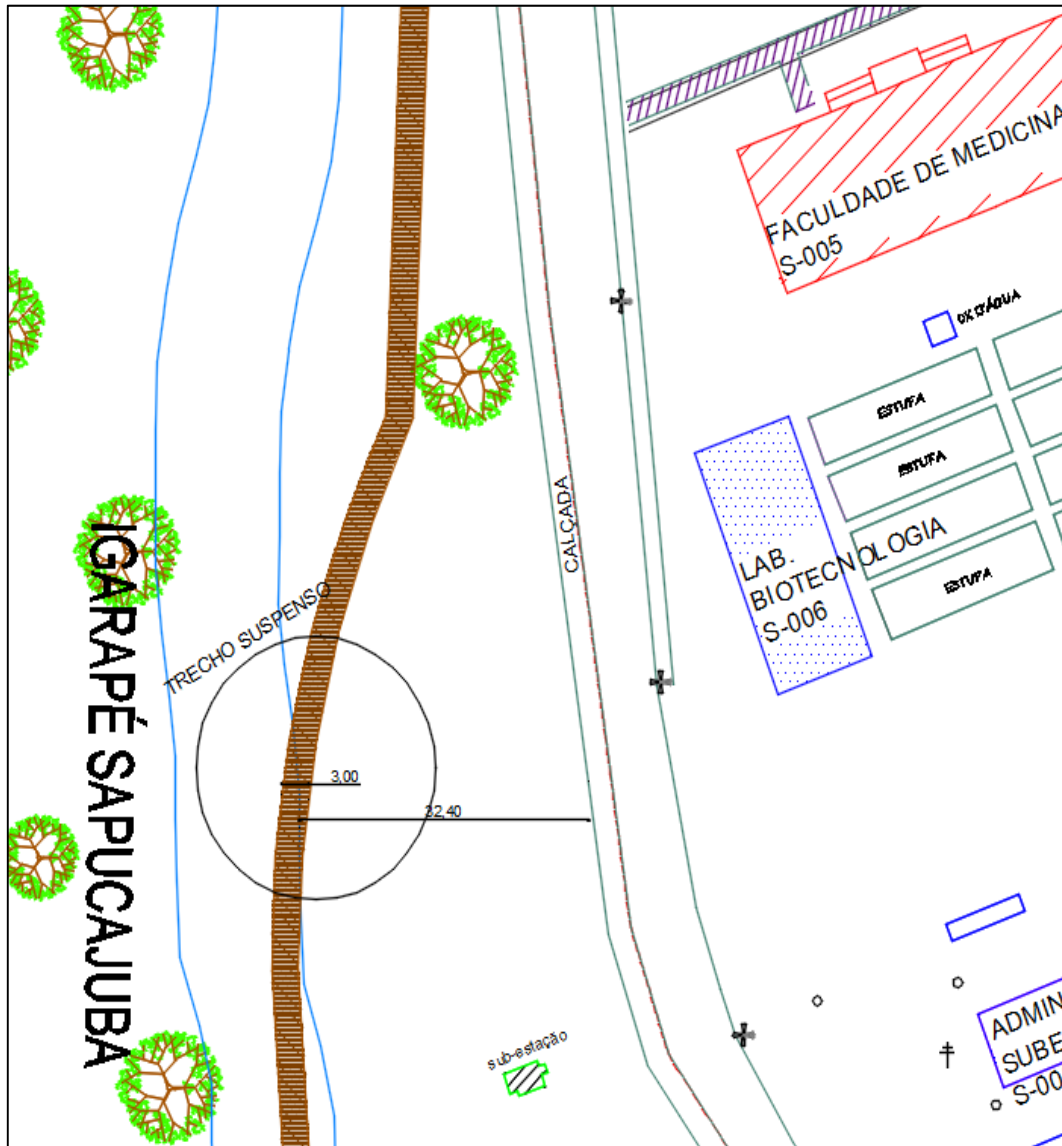
Para esse traçado cicloviário, considerou-se a velocidade de projeto de 30 km/h, um valor conservador, pois nesse tipo de via, os ciclistas tendem a adotar um padrão conservador. O menor raio de curvatura em relação ao trecho crítico e a elevação da ciclovia no trecho paralelo ao igarapé Sapucajuba é função do coeficiente de atrito entre os pneus e a superfície, velocidade e da superelevação da via, de acordo com a equação abaixo:

$$R = \frac{v^2}{127\left(\frac{e}{100} + f\right)} \quad (27)$$

O valor de menor raio de curvatura obtido foi de 25,91 metros, considerando o coeficiente de atrito 0,14 e a superelevação 2%, conforme indicado pelo Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010). A rampa demonstrada na figura 19.2, conceitualmente tem valor dado pela tangente do ângulo formado com o plano horizontal, podendo também ser apresentado em porcentagem. Em relação ao cálculo da rampa, valores superiores a 5% devem ser evitados, porque as subidas ficam difíceis para muitos ciclistas. Considerando um trecho C de 20 metros de comprimento, com altura H de desnível de 0,5 metros, obtemos uma inclinação de 2,5%, valor adequado considerando o tipo de ciclovia, valor calculado por  $I = (H \times 100) / C$ .

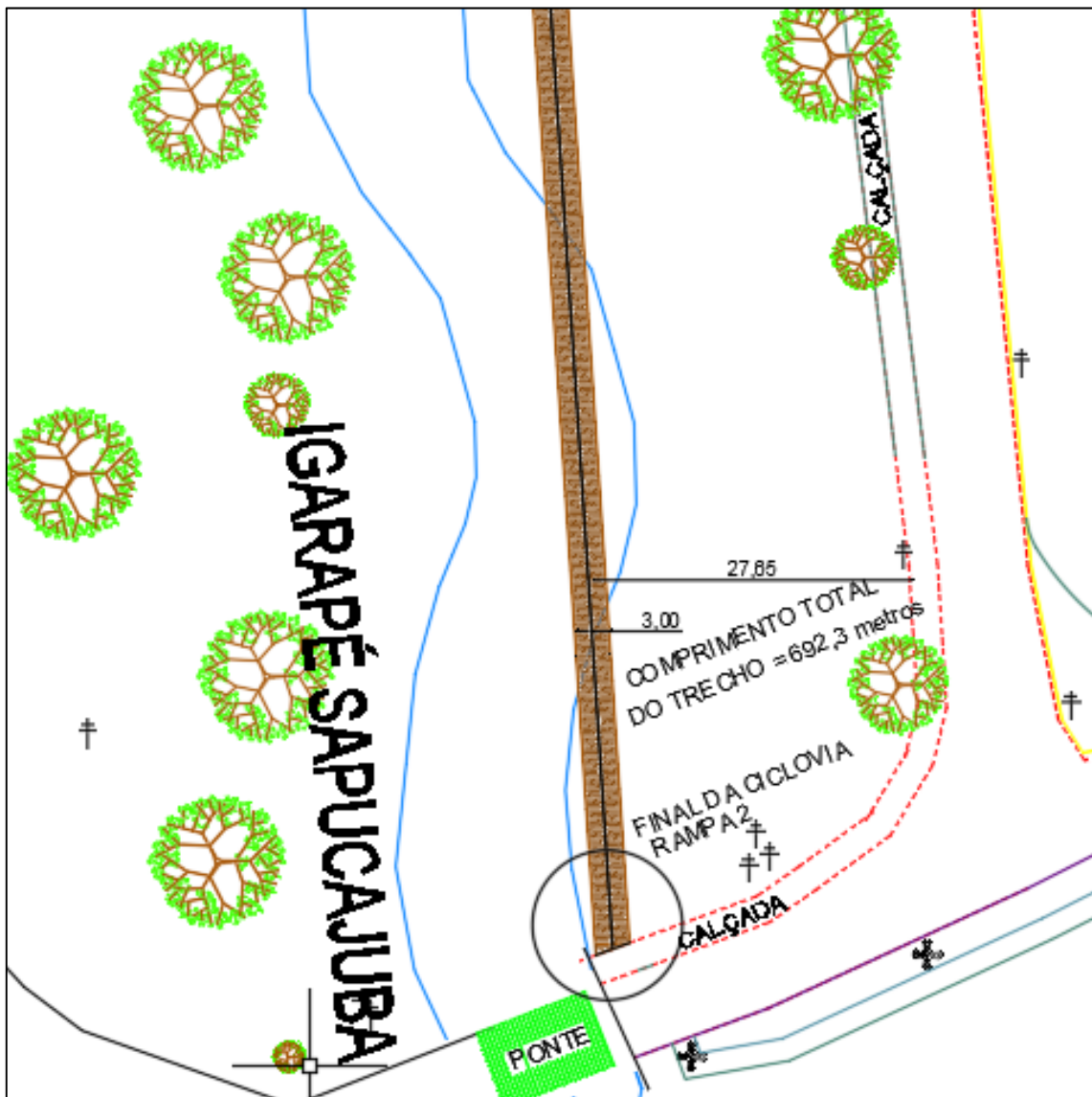


Figura 17: Traçado da Ciclovia bidirecional, trecho suspenso. AutoCAD (2023).



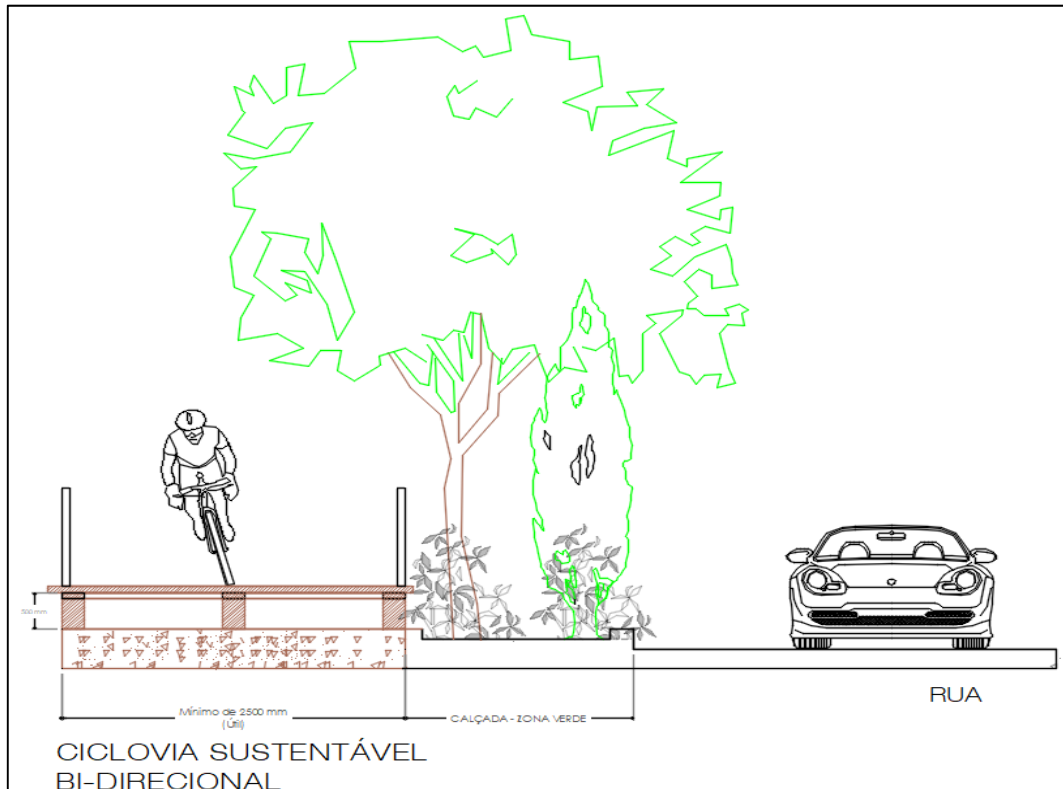
Fonte: Autores próprios (2023).

Figura 18: Traçado da Ciclovia bidirecional, trecho final, comprimento total dos trechos e rampa 2. AutoCAD (2023).



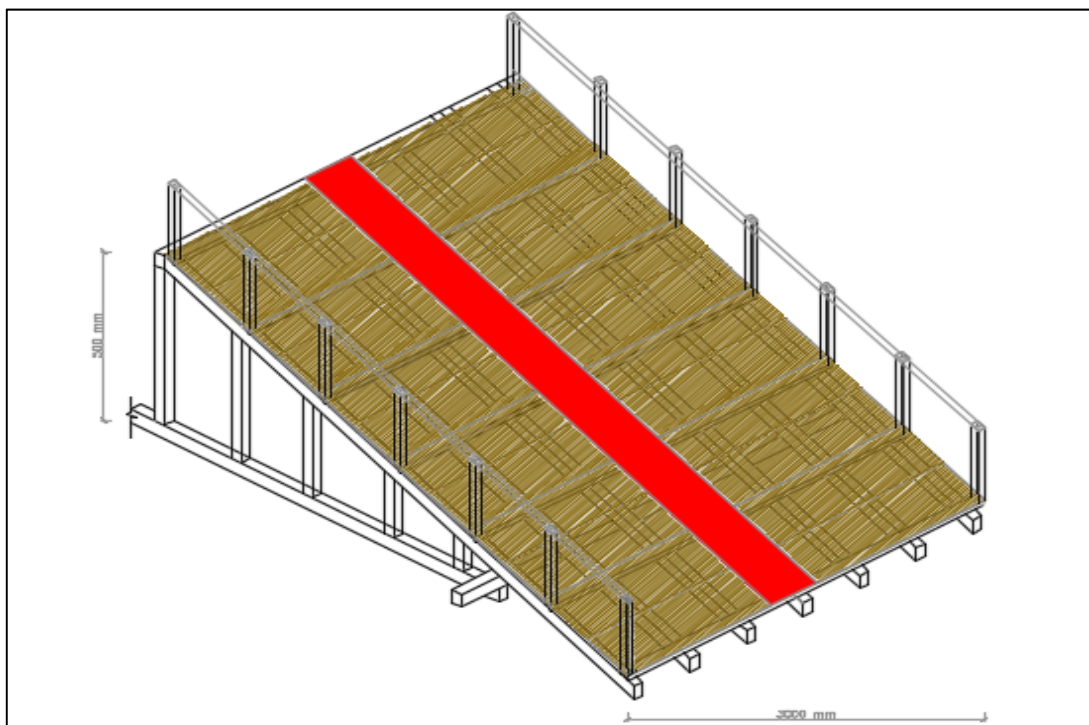
Fonte: Autores próprios (2023).

Figura 19.1: Seção na ciclovia bidirecional. AutoCAD (2023).



Fonte: Autores próprios (2023).

Figura 19.2: Estrutura para rampa 1. AutoCAD (2023).



Fonte: Autores próprios (2023).

#### 5.4 ÁREA CONSTRUÍDA: ESTRUTURA PRELIMINAR

O uso de estruturas de madeira para construção de uma ciclovia não é usual em ambientes de várzeas e perto de igarapés, a exemplo, deste anteprojeto. Assim para uma boa segurança de quem utilizará da ciclovia em estrutura de madeira, é preciso fazer o dimensionamento adequado desta estrutura que dará suporte aos ciclistas. Após aplicação deste método pode-se afirmar que a estrutura estudada atende a norma 7190 e obtemos o volume aproximado de madeira a ser usado, implicando a diminuição de custos.

A tabela 1 abaixo mostra as dimensões que serão usadas para construção da ciclovia em madeira usando a cupiúba (dicotiledônea) e a tabela 2 abaixo, mostra as propriedades físicas (módulo de elasticidade, densidade aparente e etc.) da cupiúba segundo a NBR 7190 (NBR, 1997).

Tabela 1: Dimensões das peças de madeira da ciclovia bidirecional em estrutura de madeira.

|                    | <b>PEÇAS DE MADEIRA DO PROJETO</b> |         |                     |                    |
|--------------------|------------------------------------|---------|---------------------|--------------------|
|                    | L X B X H<br>(cm)                  | VÃO (m) | BALANÇO<br>ESQUERDO | BALANÇO<br>DIREITO |
| VIGA BASE DE APOIO | 300 x 20 x 20                      | 1.2     | 0.1                 | 0.1                |
| LONGARINA          | 500 x 20 x 20                      | 4.6     | -                   | -                  |
| PILAR              | 20 X 20 X 560                      | -       | -                   | -                  |

Fonte: Autores próprios (2023).

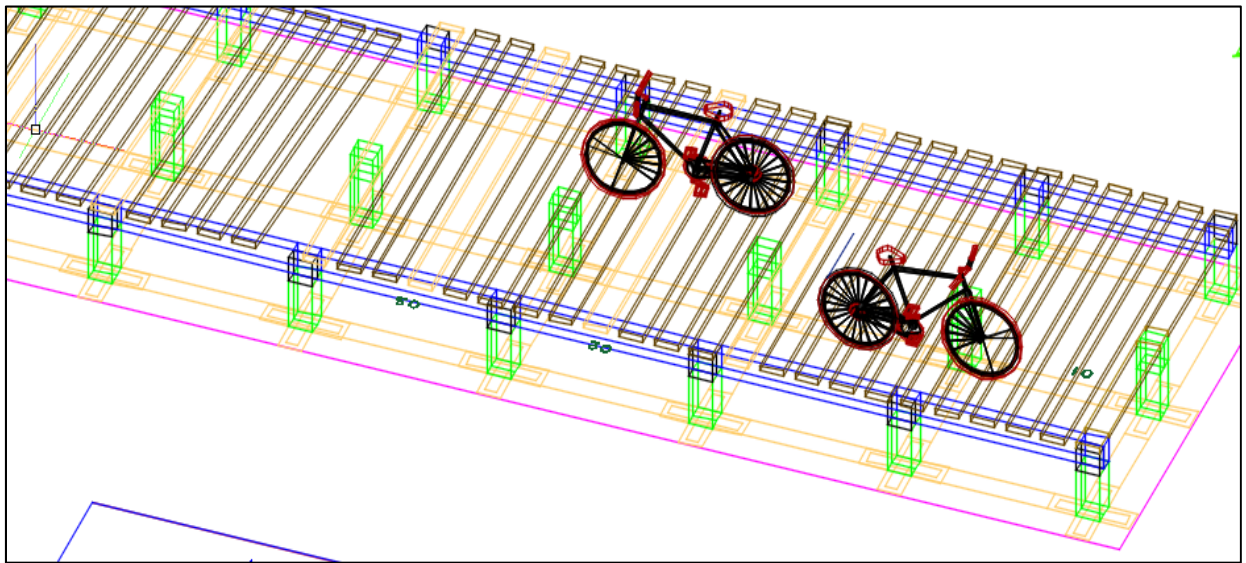
Tabela 2: Valores médios de madeira cupiúba (dicotiledônea). (NBR, 1997).

| <b>CUPIÚBA - DICOTILEDONEA</b> |                 |                |                     |   |          |            |
|--------------------------------|-----------------|----------------|---------------------|---|----------|------------|
|                                | $f_{cok}$ (MPa) | $f_{vk}$ (Mpa) | $E_{co,m}$<br>(MPa) | $\rho_{aparente}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $f_{to}$ | $f_{t90}$  |
| D60                            | 54,4 MPa        | 10,4 MPa       | 13627<br>MPa        | 838 kg/m <sup>3</sup>                     | 62,1 MPa | 3,3<br>MPa |

Fonte: Autores próprios (2023)

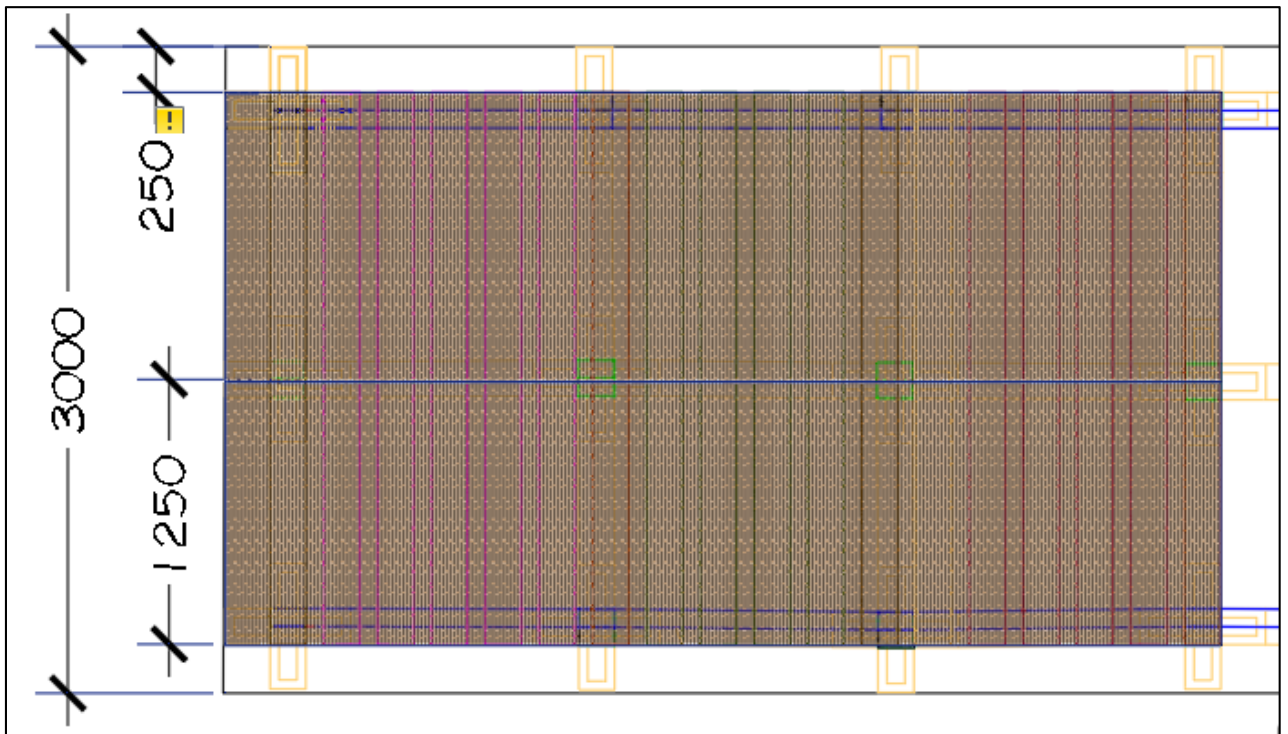
A figura 20 mostra a ciclovia bidirecional desenhado no programa AutoCAD versão 2023, onde se percebe que a estrutura de madeira possui 3 metros de largura total sendo apropriado para a circulação de dois ciclistas. Em quanto que a figura 21, mostra a disposição das vigas demonstrando a largura útil e largura total da ciclovia.

Figura 20: Estrutura de madeira da ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023).



Fonte: Autores próprios (2023).

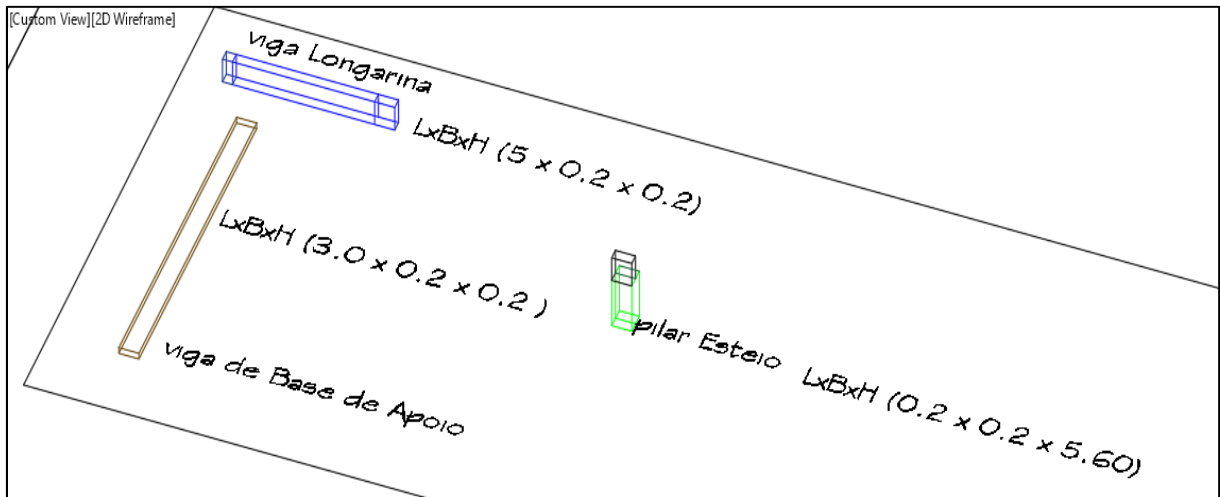
Figura 21: Estrutura de madeira da ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023).



Fonte: Autores próprios (2023).

A figura 22 mostra as peças utilizadas e suas dimensões para a construção da estrutura de madeira da ciclovia bidirecional para ser implantada na área do igarapé Sapucajuba.

Figura 22: Estrutura de madeira da ciclovia bidirecional desenhada em 3D no AutoCAD (2023).

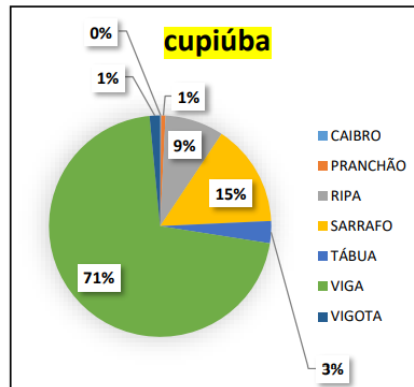


Fonte: Autores próprios (2023).

## 5.5 CUSTO UNITÁRIO BÁSICO: LEVANTAMENTO PRELIMINAR DO QUANTITATIVO

A ciclovia bidirecional em estrutura de madeira utilizará a madeira cupiúba a qual é usada para construção civil pesada e por ser bastante resistente ao apodrecimento e ao ataque de pestes, sendo de coloração castanho avermelhada, uniforme e com pouco brilho (TORA TORA MADEIRAS, 2023). Segundo LEGISWEB (2022) o valor da cupiúba tora em metro cúbico interestadual custa em torno de R\$ 226,14, interno custa aproximadamente R\$ 100,11 e o valor da cupiúba prancha em metro cúbico interestadual custa R\$ 706,86 e interno custa R\$ 543,59. Segundo SANTOS (2018), as peças da cupiúba obtidas de um volume serrado de 1,37 m<sup>3</sup> de cupiúba é demonstrado no gráfico 3, abaixo. Em quanto que o quantitativo referente ao levantamento preliminar está demonstrado nas tabelas 3 e 4 abaixo, denotando o custo unitário básico.

Gráfico 3: Peças da cupiúba obtidas do volume serrado 1,37 m<sup>3</sup> no município de Paragominas



Fonte: Santos (2018).

Tabela 3: Levantamento do quantitativo da estrutura de madeira.

| Peças                 | Quantidade | M <sup>3</sup> | Dimensões<br>L X B X H |
|-----------------------|------------|----------------|------------------------|
| Esteio                | 93         | 0,22           | 20 X 20 X 560          |
| Longarina             | 60         | 0,20           | 500 x 20 x 20          |
| Viga de Base de Apoio | 163        | 0,12           | 300 x 20 x 20          |

Fonte: Autores próprios (2023)

Tabela 4: Levantamento do custo unitário básico das peças de madeira nas estâncias localizadas na avenida Tucunduba no bairro Terra Firme em Belém-PA.

| Empresa / Peças       | Estância Bom Preço | Estância Progresso | Estância Moraes |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Longarina 5m          | R\$ 180,00         | R\$ 250,00         | R\$ 160,00      |
| Esteio 6m             | R\$ 190,00         | R\$ 220,00         | R\$ 200,00      |
| Viga de Base de Apoio | R\$ 250,00         | R\$ 150,00         | R\$ 280,00      |

Fonte: Autores próprios (2023)

Considerando os preços pesquisados para as peças nas três estâncias de um trecho de 50 metros, a empresa que apresenta um custo menor para o projeto de estrutura de madeira para o igarapé Sapucajuba na UFPA é a Estância Bom Preço, conforme cálculos apresentados abaixo, onde QE é a quantidade de peças de esteio, QL é a quantidade de peças de longarina, QV é a quantidade de peças de

viga de apoio, L é o comprimento da peça, B é a largura da peça e H é a altura da peça.

a) Estância Bom Preço:

$$\text{Volume Total esteio (m}^3\text{)} = Q_E \times L \times B \times H = 93 \times 20 \times 20 \times 560 = 20,83 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total longarina (m}^3\text{)} = Q_L \times L \times B \times H = 60 \times 500 \times 20 \times 20 = 12,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total vigas de apoio (m}^3\text{)} = Q_V \times L \times B \times H = 163 \times 300 \times 20 \times 20 = 19,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo Total Esteio (R\$)} = Q_E \times \text{Custo Unitário} = 93 \times 190 = 17.670,00$$

$$\text{Custo Total Longarina (R\$)} = Q_L \times \text{Custo Unitário} = 60 \times 180 = 10.800,00$$

$$\text{Custo Total Vigas de apoio} = (Q_v/12) \times \text{Custo Unitário} = (163/12) \times 250 = 3.395,83$$

$$\text{Custo da Estrutura da Ciclovía Bidirecional} = \text{Custo Total Esteio (R\$)} + \text{Custo Total Longarina (R\$)} + \text{Custo Total Vigas de apoio} = \text{R\$ } 31.865,83.$$

b) Estância Progresso:

$$\text{Volume Total esteio (m}^3\text{)} = Q_E \times L \times B \times H = 93 \times 20 \times 20 \times 560 = 20,83 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total longarina (m}^3\text{)} = Q_L \times L \times B \times H = 60 \times 500 \times 20 \times 20 = 12,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total vigas de apoio (m}^3\text{)} = Q_V \times L \times B \times H = 163 \times 300 \times 20 \times 20 = 19,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo Total Esteio (R\$)} = Q_E \times \text{Custo Unitário} = 93 \times 220 = 20.460,00$$

$$\text{Custo Total Longarina (R\$)} = Q_L \times \text{Custo Unitário} = 60 \times 250 = 15.000,00$$

$$\text{Custo Total Vigas de apoio} = (Q_v/12) \times \text{Custo Unitário} = (163/12) \times 150 = 2.037,50$$

$$\text{Custo da Estrutura da Ciclovía Bidirecional} = \text{Custo Total Esteio (R\$)} + \text{Custo Total Longarina (R\$)} + \text{Custo Total Vigas de apoio} = \text{R\$ } 37.497,50.$$

c) Estância Moraes:

$$\text{Volume Total esteio (m}^3\text{)} = Q_E \times L \times B \times H = 93 \times 20 \times 20 \times 560 = 20,83 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total longarina (m}^3\text{)} = Q_L \times L \times B \times H = 60 \times 500 \times 20 \times 20 = 12,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total vigas de apoio (m}^3\text{)} = Q_V \times L \times B \times H = 163 \times 300 \times 20 \times 20 = 19,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo Total Esteio (R\$)} = Q_E \times \text{Custo Unitário} = 93 \times 200 = 18.600,00$$

$$\text{Custo Total Longarina (R\$)} = Q_L \times \text{Custo Unitário} = 60 \times 160 = 9.600,00$$

$$\text{Custo Total Vigas de apoio} = (Q_v/12) \times \text{Custo Unitário} = (163/12) \times 150 = 3.803,33$$

$$\text{Custo da Estrutura da Ciclovía Bidirecional} = \text{Custo Total Esteio (R\$)} + \text{Custo Total Longarina (R\$)} + \text{Custo Total Vigas de apoio} = \text{R\$ } 32.003,33.$$

## 6. CONCLUSÃO

A partir da concepção desse anteprojeto de ciclovia, é evidente que a área disponível às margens do Igarapé Sapucajuba e o próprio Igarapé em si, no campus de Belém da Universidade Federal do Pará (UFPA), apresenta um potencial adequado para sua implantação. Isso se deve ao fato de que todos os fatores descritos na metodologia e nos resultados estão em conformidade com os princípios ambientais, ocupação sustentável do solo e requisitos técnicos aplicáveis, os quais são objetos de estudo deste trabalho. O trecho analisado abrange toda a área às margens do Igarapé Sapucajuba, incluindo a ciclovia em madeira, a iluminação e a sinalização necessárias para o espaço. Dessa forma, esse anteprojeto contempla os potenciais usuários que desejam utilizar a bicicleta como meio de transporte e/ou para atividades recreativas.

É importante ressaltar que a implementação de uma ciclovia no espaço estudado traz como principais benefícios o fortalecimento das medidas educativas ambientais e o incentivo ao uso da bicicleta como meio de transporte. Espera-se que este trabalho sirva de base para a elaboração de um projeto básico e detalhado sólido, aprimorando a malha cicloviária no Campus Universitário e, conseqüentemente, na cidade de Belém, no Pará.

As principais dificuldades encontradas durante a concepção do anteprojeto estão relacionadas ao uso do material, a madeira, que não é comumente utilizada em ciclovias. No entanto, com o tratamento adequado, o revestimento e a manutenção adequada, suas vantagens, como alta durabilidade, resistência, rápida execução e ser um material de construção que não prejudica o meio ambiente nem libera componentes químicos, tornam-se altamente favoráveis para o projeto. Outro ponto de atenção é a execução dos serviços e as análises técnicas, como terraplanagem e pavimentação, que devem ser cuidadosamente planejadas e realizadas devido à consistência do solo, que é macio, e às enchentes que ocorrem em determinados períodos. Portanto, sugere-se que futuros trabalhos considerem opções como adicionar solo com peso específico maior, mais resistente, ou utilizar gel sintético para evitar recalques e garantir a estabilidade do pavimento.

## 7. REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico: Ciclovias**. Manual Técnico, Brasil. Disponível em: <https://observatoriodabicycleta.org.br/acervo/projeto-tecnico-ciclovias/> Acessado em: 31 de fev. 2023.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190 Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, Ago. 1997.

ALMEIDA, I. R.; PENNER, G. C. Caracterização física da bacia do Igarapé Sapucajuba (Belém-PA). In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2017.

ALMEIDA, Ian Rocha de; Penner, Giovanni Chaves. **IX-034 – Caracterização Física da Bacia do Igarapé Sapucajuba (Belém-PA)**. Porto Alegre, Congresso ABES, FENASAN 2017.

AL-THANI, Hanadi et al. A Review of the Integrated Renewable Energy Systems for Sustainable Urban Mobility. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 10517, 2022.

ALVES, Mário. Mobilidade e acessibilidade: conceitos e novas práticas. **Indústria e Ambiente**, v. 55, p. 12-14, 2006.

ANDRADE, Victor et al. **Mobilidade por bicicleta no Brasil**. Rio de Janeiro: Prourb/ufrrj, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SETOR DE BICICLETAS. **Ranking de Ciclovias e Ciclofaixas nas capitais brasileiras**. 2022. Disponível em: <https://aliancabike.org.br/dados-do-setor/ciclovias-e-ciclofaixas-nas-capitais/> Acessado em: 10. Dez. 2022.

BANERJEE, Aparna et al. Facilitating bicycle commuting beyond short distances: insights from existing literature. **Transport reviews**, v. 42, n. 4, p. 526-550, 2022.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção: Novos Materiais para Construção Civil**. 5º Ed. Vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BELÉM, Prefeitura Municipal. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências**. 2008. Disponível em: [http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Plano\\_diretor\\_atual/Lei\\_N8655-08\\_plano\\_diretor.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Plano_diretor_atual/Lei_N8655-08_plano_diretor.pdf) Acessado em: 10 de março 2023.

BELÉM, Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico: sistema de drenagem urbana e manejo de águas**. 2020. Disponível em: <https://arbel.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/VOLUME-IV-DRENAGEM.pdf> Acessado em: 22 de Março 2023.

BÖCK, C. S. **Influência da morfologia do fundo na hidrodinâmica da Baía de Guajará (Pará)**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 115p, 2010.

BRAGA, Nállyton Tiago Sales; GOUVEIA, Mariana dos Santos. Dialética da ocupação de áreas de várzea em Belém e propostas de drenagem compreensiva. **Novos Cadernos NAEA**, v. 23, n. 1, 2020.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de Maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa -Código Florestal**. 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) Acesso em: 29 de Março 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Implantação de sistemas de transporte acessível**. Brasil Acessível: Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana, 5. Brasília, 2008.

CARVALHO, Mauren Lopes de; FREITAS, Carlos Machado de. Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1617-1628, 2012.

CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública**. Belo Horizonte: Disponível em:  
CET - SP. **Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias**. Cidade de São Paulo: [s. n.], 2020.

CET - SP. **Manual de Sinalização Urbana. Espaço Cicloviário**. Cidade de São Paulo: [s. n.], 2020.

CLARK, S. D.; PAGE, M. W. Priority for Cycling in an Urban Traffic Control System. **Transportation Research Record**, n. 1705, p. 77- 84. Disponível em: <http://www.enhancements.org/download/trb/1705-013.pdf>. Acesso em 12 de Novembro de 2022.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum. 2a ed. Tradução de Our common future**. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. **Manual Brasileiro de Sinalização Urbana**. Ministério das Cidades, 2007. Disponível em: [https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/educacao/publicacoes/manual\\_vol\\_i\\_2.pdf](https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/educacao/publicacoes/manual_vol_i_2.pdf) acessado em: 18 de junho de 2023.

CONTRAN. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. **Sinalização Cicloviária**. Manual Técnico, Volume III. 2022. Disponível em: <https://www.abder.org.br/wp-content/uploads/2021/09/mbst-cicloviario-v-20-08.pdf> Acessado em: 10 de Março 2023.

CUNHA, José Rodrigo Cristo. **Modelagem (bidimensional - 2dh) hidrodinâmica aplicada no estuário do rio Guamá (estado do Pará/Brasil)**. 113f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. 2017.

DA SILVA, Everton Jose; DE SOUZA ROCHA, Marcos Van-Basten; MARQUES, Maria Lidiane. Análise da Mobilidade Urbana na Cidade de Bom Jesus Da Lapa/BA Durante o Período da Romaria. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 58, 2020.

DNIT. Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. 2010. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740\\_manual\\_projetos\\_geometricos\\_travessias\\_urbanas.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf) Acessado em: 15 de junho de 2023.

FRARE, Maritânia. Ciclovias: A utilização da bicicleta como forma de desenvolvimento sustentável, estudo AV. Brasil, Cascavel-Paraná-Brasil. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, v. 7, n. 1, p. 93-104, 2020.

FREITAS, Rodrigo Souza; SODRÉ, Denilson José Ribeiro; SANTOS, Iago Monte. Mapeamento Geotécnico Tridimensional a Partir de Resultados de Sondagens SPT- Estudo de Caso: Campus da UFPA em Belém-PA. *In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. Belo Horizonte, MG. 2016. p. 1-2.

GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Manual de Planejamento Cicloviário**. Brasília, 2011. Disponível em: <https://observatoriodabicicleta.org.br/uploads/2021/02/Manual-Planejamento-Cicloviario-2001-Geipot.pdf> acessado em: 18 de junho de 2023.

GERÊNCIA DE PROGRAMA CICLOVIÁRIO. **Caderno de Encargos Para Execução De Projetos Cicloviários**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/91265/4124033/CADERNO.DE.ENCARGOS.FINAL.062014.pdf> acessado em: 18 de junho de 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1991.

GREGÓRIO, Aderson Manoel da Silva; MENDES, Amílcar Carvalho. Batimetria e sedimentologia da baía do Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v.5, n.9, p. 53-72, 2009.

GREGÓRIO, Aderson Manuel da Silva; MENDES, Amilcar Carvalho. Batimetria e sedimentologia da baía do Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 5, n. 9, jul./dez. 2009. [http://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa\\_files/aula%2029%20%20manual%20cemig%20ilum%20publica.pdf](http://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa_files/aula%2029%20%20manual%20cemig%20ilum%20publica.pdf) Acesso: 28 de Maio de 2023

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Cidades cicláveis: avanços e desafios das políticas cicloviárias no Brasil**. *In: COELHO FILHO, Osmar; SACCARO JUNIOR, Nilo Luiz*. 2017.

IPT. Disponível em: [http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras/11.htm](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/11.htm) Acesso: 01 de Maio de 2023

ITDP. Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento. **Programas: Mobilidade por Bicicleta.** 2022. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/programas/mobilidade-por-bicicleta/> Acessado em: 10 de Março de 2023.

LEGISWEB **Resolução GSEFAZ nº 38 de 23/09/2022.** Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=436869> Acesso: 18 de Junho de 2023.

LIMA, Raquel Chaves Costa. **Benefícios potenciais do uso do Modo Integrado Bicicleta-Ônibus sobre a acessibilidade da população de baixa renda em Fortaleza.** 2022. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

MELO, Ricardo Henryque Reginato Quevedo et al. Estudo de caso da ciclovia de uma cidade de médio porte, utilizando a ISO 37120: 2014. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 4, p. 1232-1246, 2018.

MENEZES, Tainá Marçal dos Santos; PERDIGÃO, Ana Klaudia de Almeida Viana; PRATSCHKE, Anja. O tipo palafita amazônico: contribuições ao processo de projeto de arquitetura. **Oculum Ensaios**, v. 12, n. 2, p. 237-254, 2015.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de Telhados em Estruturas de Madeira.** 4º Ed. Revista. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

MONTEIRO, Erica Corrêa. **Acessibilidade Espacial nas Calçadas em Estivas no Pará: Estudo de Caso na Ilha do Combu e Cidade do Afuá.** Universidade de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PÓSARQ): Florianópolis, 2015.

NERI, Helen Carmem Ferreira Rebouças; GOMES, Emmily Gércica Santos; SILVEIRA, José Augusto. Avaliação dos espaços destinados ao transporte por bicicletas nas orlas de João Pessoa-PB. *In: Anais do 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito.* Brasília, 2013.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).** 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/> Acesso em 10 de Março de 2023.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira.** 6º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PINHEIRO, V. H. M. **Projetos em estruturas de Madeira.** Universidade do Porto, 2012

RITTER, M. A. **Timber Bridges Design, Construction, Inspection and Maintenance.** Washington: United State Department of Agriculture (USDA) – Forest Service, 1990.

SANTOS, Maria de Lourdes Souza et al. Influências das condições da maré na qualidade de água do rio Guamá e baía do Guajará. **Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 14, n. 1, p. 17-25, 2014.

SANTOS, R. R. dos. **Coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) de quatro espécies florestais amazônicas em uma serraria no município de Paragominas, Pará**. Universidade Federal Rural da Amazônia – Faculdade de Engenharia Florestal Paragominas: UFRA, 2018.

SCHEREN, Rudimar Schuster. **Urbanização na planície de inundação do Rio Gravataí-RS**. 123f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. 2014.

SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA. **Caderno Técnico para Projetos de Mobilidade Urbana: sistemas de prioridade ao ônibus**. 2017.

Disponível em:

[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/Criterios\\_sistema\\_s.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/Criterios_sistema_s.pdf) acessado em: 20 de junho de 2023.

SILVA, Romulo de Oliveira et al. Técnica construtiva de palafitas nas comunidades Jaracaty I e II de São Luís-Ma. *In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC*. 2018.

SOUZA, Clesio da Silva. Mobilidade urbana no município de Ipiatuba-Ba. **Gestão de Trânsito-Unisul Virtual**, 2019.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Obras Públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras Públicas**. 3º Ed. Brasília: TCU, SecobEdif, 2013.

TIMOSHEKO, S. P. GERE, J. E. **Mecânica dos Sólidos**. Vol1 Rio de Janeiro: LTC, 1994.

TORA TORA MADEIRAS. Disponível em: <https://www.toratoramadeiras.com.br/madeira-cupiuba.html> Acesso: 18 de Junho de 2023.

UFPA. Universidade Federal do Pará. **65 anos de história**. 2022. Disponível em: <https://65anos.ufpa.br/65-anos/apresenta%C3%A7%C3%A3o>. Acessado em: 09 de Janeiro de 2023.

VAN WEE, Bert; HANDY, Susan. Key research themes on urban space, scale, and sustainable urban mobility. **International journal of sustainable transportation**, v. 10, n. 1, p. 18-24, 2016.

VELOSO, N. da S. L. **Água da Chuva e Desenvolvimento Local: O caso do abastecimento das Ilhas de Belém**. Belém: Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local (PPGEDAM), 2012.

VER-A-CIÊNCIA **Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Pará**. Nº 05. Abril-2014 Disponível em: <http://www.veraciencia.pa.gov.br/edicoes-antteriores/> Acesso: 03 de Agosto de 2022.

VOLPATO, Gilson Luis. **Método Lógico para Redação Científica**. 2 ed. São Paulo: Best, 2007.

WAŁDYKOWSKI, Piotr; ADAMCZYK, Joanna; DOROTKIEWICZ, Maciej. Sustainable urban transport—why a fast investment in a complete cycling network is most profitable for a city. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 119, 2022.

WRIBRASIL. Disponível em: [https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2022-08/WRI\\_Principios-Ciclovias-Regras\\_2022.pdf](https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2022-08/WRI_Principios-Ciclovias-Regras_2022.pdf) Acesso: 01 de Maio de 2023.