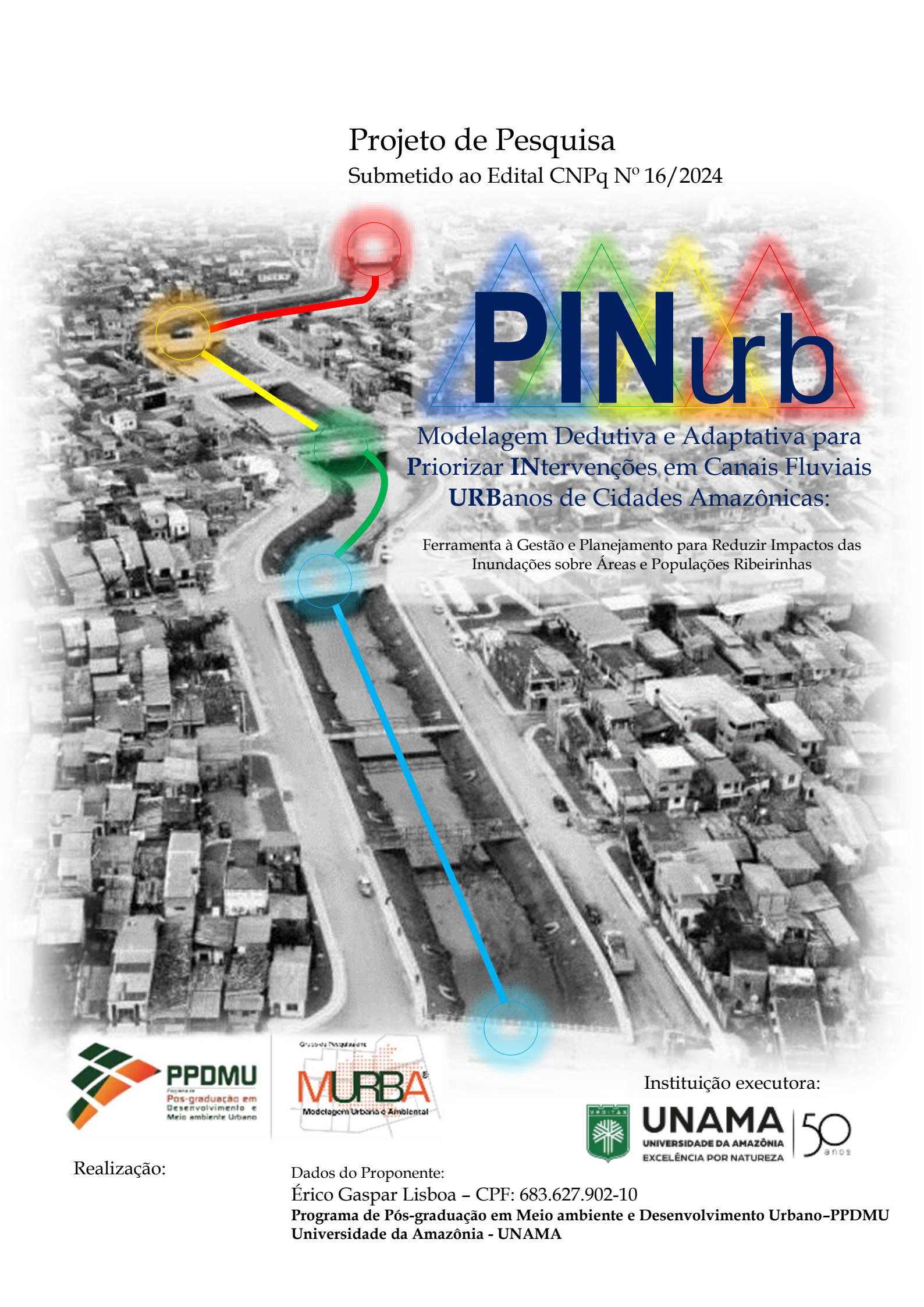


# Projeto de Pesquisa

Submetido ao Edital CNPq Nº 16/2024



# PINurb

Modelagem Dedutiva e Adaptativa para  
Priorizar INtervenções em Canais Fluviais  
URBanos de Cidades Amazônicas:

Ferramenta à Gestão e Planejamento para Reduzir Impactos das  
Inundações sobre Áreas e Populações Ribeirinhas



Realização:



Dados do Proponente:

Érico Gaspar Lisboa – CPF: 683.627.902-10

Programa de Pós-graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Urbano-PPDMU  
Universidade da Amazônia - UNAMA

Instituição executora:



**UNAMA**  
UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA  
EXCELÊNCIA POR NATUREZA

50  
ANOS

## Sumário

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. DADOS DO PROPONENTE</b>                                                                 | <b>2</b>  |
| 1.1. FORMAÇÃO ACADÊMICA                                                                       | 2         |
| 1.2. ATUAÇÃO DOCENTE E COMO PESQUISADOR                                                       | 2         |
| 1.3. PRODUÇÃO ACADÊMICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS                                        | 2         |
| 1.4. AFILIAÇÕES CIENTÍFICAS E PROFISSIONAIS                                                   | 2         |
| 1.5. OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES E ATUAIS                                                   | 2         |
| <b>2. INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES</b>                                                          | <b>3</b>  |
| <b>3. ÁREA DO CONHECIMENTO PREDOMINANTE E CORRELATAS</b>                                      | <b>3</b>  |
| <b>4. ORÇAMENTO DETALHADO</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>5. DADOS GERAIS DO PROJETO</b>                                                             | <b>3</b>  |
| 5.1. TÍTULO TITLE                                                                             | 3         |
| 5.2. PALAVRAS-CHAVE KEY-WORD                                                                  | 3         |
| 5.3. RESUMO ABSTRACT                                                                          | 3         |
| 5.4. OBJETIVO GERAL GENERAL OBJECTIVE (AIM)                                                   | 5         |
| <b>6. RELEVÂNCIA DO PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO OU DE INOVAÇÃO</b> | <b>5</b>  |
| <b>7. METAS E INDICADORES DA PROPOSTA</b>                                                     | <b>8</b>  |
| <b>8. PLANO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA</b>                                                      | <b>8</b>  |
| <b>9. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>                                                               | <b>9</b>  |
| <b>10. METODOLOGIA</b>                                                                        | <b>10</b> |
| 10.1. PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL                                                      | 10        |
| 10.2. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES FÍSICO-INFRAESTRUTURAIS                                          | 12        |
| 10.3. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES SOCIOECONÔMICAS                                                  | 12        |
| 10.4. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES AMBIENTAIS                                                       | 13        |
| 10.5. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES LEGALISTAS                                                       | 14        |
| 10.6. DEFINIÇÕES DE EIXOS PRIORITÁRIOS DE INTERVENÇÃO                                         | 14        |
| <b>11. ETAPAS DE EXECUÇÃO DA PROPOSTA</b>                                                     | <b>22</b> |
| <b>12. PRODUTOS ESPERADOS</b>                                                                 | <b>22</b> |
| <b>13. PERSPECTIVA DE COLABORAÇÃO INTERNACIONAL</b>                                           | <b>24</b> |
| <b>14. COLABORAÇÕES OU PARCERIAS INTERNACIONAIS ESTABELECIDAS</b>                             | <b>24</b> |
| <b>15. RELEVÂNCIA DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA APLICAÇÃO DO PROJETO</b>                   | <b>24</b> |
| <b>16. DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRAESTRUTURA E APOIO TÉCNICO</b>                          | <b>24</b> |
| <b>17. REFERÊNCIAS CONSULTADAS</b>                                                            | <b>25</b> |

**Edital CNPq Nº 16/2024: Projetos Internacionais de Pesquisa Científica, Tecnológica e de Inovação (Faixa 2)**

Proposta elaborada conforme orientação constante no item 6.6 do Edital Nº 16/2024

**Proponente:** Érico Gaspar Lisboa – PPDMU/UNAMA



## 1. DADOS DO PROPONENTE

### 1.1. FORMAÇÃO ACADÊMICA

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará – UFPA (2000-2005) e, pela mesma instituição, é Mestre em Engenharia Civil (Saneamento e Recursos Hídricos) pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PPGE/UFPA (2009-2011). É Doutor em Engenharia Civil (Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Portugal (2012-2019).

### 1.2. ATUAÇÃO DOCENTE E COMO PESQUISADOR

Atualmente é Professor Titular Permanente do Programa de Pós-graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Urbano da Universidade da Amazônia-PPDMU/UNAMA (<https://stricto.unama.br/pt-br/conteudo/apresentacao-2>), na linha de pesquisa ambiente construído e sociedade, e ainda atua como coordenador da comissão interna de planejamento e autoavaliação e de acompanhamento do egresso do PPDMU/UNAMA. É integrante e fundador do grupo de pesquisa em modelagem urbana e ambiental – MURBA (<https://www.murbam.com/>), vinculado ao PPDMU/UNAMA. Ministra disciplinas na graduação e pós-graduação destacando: análise de riscos ambientais urbanos, impactos socioambientais, saneamento ambiental e sistemas de informações geográficas. Entre 2018 e 2020 foi professor substituto na Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFPA. Foi bolsista de doutorado pleno no exterior do CNPq (Edital N° 03/2012/GDE).

### 1.3. PRODUÇÃO ACADÊMICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Publicou 19 artigos em periódicos nacionais e internacionais indexados e 26 trabalhos em anais de eventos. Participou em bancas de avaliação de 21 trabalhos de conclusão de curso de graduação – TCC, 10 dissertações de mestrado, 8 qualificações de mestrado e 6 qualificações de tese de doutorado. Orientou 6 dissertações de mestrado e 8 TCC de graduação em engenharias/arquitetura. Atualmente orienta 4 dissertações de mestrado, 3 teses de doutorado e coorientou 5 dissertações de mestrado e 4 teses de doutorado. Participou de 8 bancas de comissão julgadora para ingresso no curso de mestrado e doutorado do PPDMU/UNAMA e como avaliador de projetos de iniciação científica (PIC/UNAMA). Recebeu 1 prêmio nacional (menção honrosa por publicação e apresentação de artigo em congresso), 2 prêmios regionais e 1 distinção internacional pela defesa de tese de doutorado. Atualmente integra 2 redes (Rede Ibero Americana sobre *Las Enfermedades Transmisibles y El Agua Segura*; e Rede do Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa financiada pelo edital CNPq/MCTI/INCT N° 58/2022) e 2 projetos de pesquisa (financiado pelo edital CNPq/MCTI/FNDCT N°18/2021 e CAPES N° 13/2020). Atua como Revisor da Revista Geologia USP. Série Científica, Paranoá-UnB (Cadernos de Arquitetura) e *Hydrological Sciences Journal*.

### 1.4. AFILIAÇÕES CIENTÍFICAS E PROFISSIONAIS

É membro da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). É membro do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia-Seção Pará (IBAPE/PA). É membro da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações (SOBREA). É Alumni da Universidade do Porto–U.Porto (Portugal).

### 1.5. OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES E ATUAIS

Embora recém titulado doutor, o produto da tese culminou, transversalmente, em contribuições científicas com desenvolvimento de propostas de dissertações de mestrado e teses doutorado no PPDMU/UNAMA, e na elaboração deste projeto submetido ao Edital N° 16/2024, com publicações em revistas indexadas, em colaboração internacional com docentes da U.Porto, com perspectiva de alavancar a produção científica qualificada com parcerias nacionais e internacionais, e consolidar a atuação do MURBA na Amazônia brasileira.

## 2. INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES

Executora: Universidade da Amazônia (UNAMA) pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente Urbano (PPDMU), com atuação do grupo de pesquisa em Modelagem Urbana e Ambiental (MURBA).  
Estrangeira: Universidade do Porto pela Faculdade de Engenharia com atuação da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (FEUP/SHRHA), e com perspectiva de atuação do Centro de Investigação do Território, Transporte e Ambiente (CITTA/FEUP).

## 3. ÁREA DO CONHECIMENTO PREDOMINANTE E CORRELATAS

Administração Municipal e Urbana, Infraestruturas Urbanas e Regionais. Aspectos Físico-Ambientais do Planejamento Urbano e Regional, Drenagem Urbana de Águas Pluviais, Aspectos Sociais do Planejamento Urbano e Regional, Técnicas de Análise e Avaliação Urbana e Regional, Pesquisa Operacional, Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos, Técnicas de Planejamento e Projeto Urbanos e Regionais.

## 4. ORÇAMENTO DETALHADO

|          | Itens                                                                                      | Unidade | Qtd | Valor unitário | Valor Total         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|----------------|---------------------|
| <b>A</b> | <b>Bolsa de Pesquisa (A)</b> * (referenciado pelo valor de bolsa PDE do CNPq)              |         |     |                | <b>€\$25.200,0</b>  |
| A.3      | Para proponente (Bolsa PDE)                                                                | Unidade | 1   | 12 meses       | €2.100,0/mês        |
| <b>B</b> | <b>Viagens (B)</b> (referenciado pelo valor de diárias e viagens de curta duração do CNPq) |         |     |                | <b>-</b>            |
| B.1      | Portugal                                                                                   | Diárias | 15  | 2              | US\$1.650,0/15dias  |
| B.2      | Seguro-saúde                                                                               | Unidade | 15  | 2              | R\$408,88/15dias    |
| <b>C</b> | <b>Serviços de Terceiros (C)</b>                                                           |         |     |                | <b>R\$ 18.000,0</b> |
| C.1      | Web developers (Front-end/ Back-end)                                                       | Unidade | 1   | 1              | R\$ 9.000,0         |
| C.2      | Web designer                                                                               | Unidade | 1   | 1              | R\$ 6.000,0         |
| C.3      | Produtor de Vídeo (Profissional)                                                           | Unidade | 1   | 3              | R\$ 1.000,0         |
| <b>D</b> | <b>Material de consumo</b>                                                                 |         |     |                | <b>R\$ 650,0</b>    |
| D.1      | Banners (divulgar Projeto/Plataforma/Workshops)                                            | Unit.   | 1   | 5              | R\$ 250,0/banner    |

## 5. DADOS GERAIS DO PROJETO

### 5.1. TÍTULO|TITLE

PINurb: Modelagem Dedutiva e Adaptativa para Priorizar Intervenções em Canais Fluviais Urbanos de Cidades Amazônicas

*PINurb: Deductive and Adaptive Modeling to Prioritize Interventions in Urban River Channels in Amazonian Cities*

### 5.2. PALAVRAS-CHAVE|KEY-WORD

Inundações, intervenção, modelo dedutivo-adaptativo, amazônica, cidades

*Floods, intervention, deductive-adaptive model, amazonian, cities*

### 5.3. RESUMO|ABSTRACT

O projeto de pesquisa a que se refere esta candidatura objetiva desenvolver uma ferramenta de planejamento e gestão urbana e ambiental, baseado numa concepção teórica-metodológica dedutiva, que priorize intervenções





em canais fluviais urbanos, que considere múltiplas dimensões (critérios), e que seja adaptado às questões ambientais e socioeconômicas de cidades da Amazônia brasileira, aditado de um plano de ações de concepção intersectorial, a fim de reduzir impactos das inundações das áreas e populações ribeirinhas. Além de alinhar-se aos ODS da agenda 2030 da ONU, no que se refere a cidades e comunidades sustentáveis, a proposta submetida pretende avançar em dois aspectos relevantes à área de Planejamento Urbano Regional: interdisciplinaridade e desenvolvimento (gestão) regional, na medida em que um articula conhecimentos diversos, possibilitando, inclusivamente, transferir conhecimento à gestão pública, e noutro quando subsidia melhoria de indicadores deficitários de saneamento ambiental de cidades da Amazônia brasileira. Assim, propor metodologia multicritério dedutiva e adaptativa que priorize intervenções em canais fluviais, aditado de ações intersectoriais para reduzir impactos das inundações sobre populações ribeirinhas, enfatizando ainda aspectos cênicos urbanos pela gestão patrimonial de infraestruturas de cidades, é questão preponderante a ser investigada. Embora a utilização de métodos multicritérios seja difundida, introduzir modelos dedutíveis e adaptáveis às questões socioeconômicas e ambientais de cidades da Amazônia brasileira para auxiliar a gestão e planejamento urbano, apresenta-se como aspecto potencialmente relevante diante da complexidade de agregar dimensões e conceitos de divergentes pontos de vistas subjetivos, imprecisos, ambíguos e de difícil mensuração (e.g., econômico, ambiental, social, político), e que dificultam a tomada de decisão ampla e participativa no âmbito de políticas públicas que ainda são essencialmente setorializadas. Em geral, é expectável que ao fim deste projeto os resultados obtidos possam contribuir para o avanço de conhecimentos sobre a aplicação da modelagem dedutiva e adaptativa como uma contributiva ferramenta de auxílio à gestão e planejamento urbano e ambiental para cidades da amazônia brasileira pelo: Treinamento e capacitação de recursos humanos (iniciação científica, mestrado e doutorado); Elaboração de material didático-pedagógico sobre métodos multicritérios; Estabelecimento de novas parcerias e aprofundar atuais, para aperfeiçoar e aplicar a modelagem desenvolvida em outras cidades da Amazônia; Possibilidade de transferência e difusão do conhecimento para a gestão pública e sociedade civil; Estruturação de uma plataforma “web” que, além de veicular vídeos didáticos e autoexplicativos sobre o conteúdo do projeto e resultados, mapeará e atualizará, de forma periódica, os graus de intervenção em canais fluviais abertos em bacias urbanas de cidades da Amazônia brasileira.

---

*The research project to which this application refers aims to develop an urban and environmental planning and management tool, based on a deductive theoretical-methodological conception, that prioritizes interventions in urban river channels, that considers multiple dimensions (criteria), and that is adapted to the environmental and socio-economic issues of cities in the Brazilian Amazon, added to an intersectoral action plan, in order to reduce the impacts of flooding on riverside areas and populations. In addition to aligning itself with the SDGs of the UN 2030 agenda, with regard to sustainable cities and communities, the proposal submitted aims to advance two aspects relevant to the area of Regional Urban Planning: interdisciplinarity and regional development (management), insofar as one articulates diverse knowledge, even making it possible to transfer knowledge to public management, and the other when it subsidizes the improvement of deficient environmental sanitation indicators in cities in the Brazilian Amazon. Thus, proposing a deductive and adaptive multi-criteria methodology that prioritizes interventions in river channels, combined with intersectoral actions to reduce the impacts of flooding on riverside populations, while also emphasizing urban scenic aspects through the asset management of city infrastructures, is a major issue to be investigated. Although the use of multi-criteria methods is widespread, introducing models that are deducible and adaptable to the socio-economic and environmental issues of cities in the Brazilian Amazon to aid urban management and planning is a potentially relevant aspect given the complexity of adding dimensions and concepts from different points of view that are subjective, imprecise, ambiguous and difficult to measure (e.g. economic, environmental, social, political), and which hinder broad and participatory decision-making in the context of public policies that are still essentially sectorized. In general, it is expected that at the end of this project the results obtained will contribute to the advancement of knowledge on the application*



*of deductive and adaptive modeling as a contributory tool to aid urban and environmental management and planning for cities in the Brazilian Amazon by: Training and qualification of human resources (scientific initiation, MSc and PhD); Preparation of didactic-pedagogical material on multi-criteria methods; Establishment of new partnerships and current ones, to improve and apply the modeling developed in other Amazonian cities; Possibility of transferring and disseminating knowledge to public management and civil society; Structuring of a web platform which, in addition to broadcasting educational and self-explanatory videos on the project's content and results, will map and periodically update the degrees of intervention in open river channels in urban basins in cities in the Brazilian Amazon.*

#### 5.4. OBJETIVO GERAL| AIM

O projeto de pesquisa a que se refere esta candidatura intitulado: “PINurb - Modelagem Dedutiva e Adaptativa para Priorizar Intervenções em Canais Fluviais Urbanos de Cidades Amazônicas” tem como principal objetivo desenvolver uma ferramenta ao planejamento e gestão urbana e ambiental, baseado numa concepção teórica-metodológica dedutiva de auxílio à decisão e adaptado às questões ambientais e socioeconômicas de cidades da amazônia brasileira, considerando agregar uma complexa interação entre antagônicos pontos vistas sociais, econômicos, ambientais, políticos, de modo a proporcionar ações de políticas públicas de concepção intersectorial, que permitirá identificar prioridades de intervenção, estruturais e/ou não-estruturais, em canais fluviais abertos que se destinam a drenagem urbana.

---

*The main of the research project to which this application refers, entitled: "PINurb - Deductive and Adaptive Modeling for Prioritizing Interventions in Urban River Channels in the Amazonian Cities", is to develop an urban and environmental planning and management tool, based on a deductive theoretical-methodological conception of decision aid and adapted to the environmental and socio-economic issues of cities in the Brazilian Amazon, considering the addition of a complex interaction between conflicting social, economic, environmental and political points of view, in order to provide intersectoral public policy actions..*

#### 6. RELEVÂNCIA DO PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO OU DE INOVAÇÃO

O relatório climático produzido pela Organização das Nações Unidas (ONU) apontou que, por dados catalogados durante 19 anos, entre 2010-2019, cerca de 40% dos desastres naturais foram originados em eventos de inundações. Além da perda de vidas humanas, os eventos de inundações devido a urbanização, ou a falta ou ineficiência da drenagem urbana, tem causado significativos prejuízos de ordem financeira, mesmo diante de maiores investimentos destinados as medidas de redução dos seus danos potenciais (CRED, 2015; RIAHI, 2022).

A este propósito, convém referir que inundações devido a urbanização ou a drenagem urbana são fenômenos condicionados por fatores naturais e agravados por fatores antrópicos, os quais ambos podem vir a atuar conjuntamente (TUCCI, 2007). Importante destacar que a urbanização desordenada, a falta ou ineficiência de serviços de saneamento e da infraestrutura dos sistemas de drenagem, inadequadamente gerenciadas, podem ser considerados como potencializadores da severidade dos impactos das inundações em zonas densamente urbanizadas (TUCCI, 2004; TUCCI, 2007).

Neste cenário, além dos reservatórios e diques, em zonas urbanas, normalmente, os canais fluviais abertos tiveram as suas seções transversais artificialmente modificadas para facilitar o escoamento das águas pluviais, caracterizando-se como medidas estruturais mais frequentemente utilizadas. Entretanto, com o crescimento urbano, a capacidade de escoamento pode ser reduzida pela disposição inadequada de resíduos sólidos e

assoreamento, produzido pela acumulação de sedimentos, com consequente aumento da velocidade de escoamento e erosão do solo (SANTOS, 2000; TUCCI, 2007).

Além de questões associadas a dimensão do manejo das águas pluviais, por intervenções estruturais e da disposição de resíduos sólidos; convém referir sobre o inadequado lançamento de efluentes não tratados aos canais fluviais, considerando a falta ou baixa abrangência da rede coletora de esgotos. Como consequência da ineficiência gerencial do sistema de esgotamento sanitário, esta questão pode comprometer a qualidade da biota aquática e onerar o tratamento da água para fins potáveis (TUCCI, 2004; TUCCI et al., 2012).

Pompêo (2010) salientou que, além de atuarem pontualmente, as medidas estruturais comumente previstas nos projetos de drenagem urbana e controle das enchentes, resumem-se a ações emergenciais, esporádicas e definidas apenas pós-ocorrência de desastres. Rezende (2018) considerou que, apenas a adoção destas medidas apresentam-se insustentáveis, exigindo nova visão sobre o problema das inundações urbanas.

Holz e Tassi (2007) destacaram a importância de combinar o uso das estruturas de drenagem tradicionais e não-convencionais para otimizar o sistema. Assim, a eficiência e viabilidade de medidas estruturais não podem ser efetivamente alcançadas sem uma ação conjunta ou prioritária de medidas não-estruturais como controle de inundações (TUCCI, 2007).

As medidas não-estruturais enfatizam promover as legislações urbanas de ordenamento de uso e ocupação do solo, para reduzir as inundações e melhorar a qualidade de vida nas cidades, preservando os percursos naturais dos rios (soluções baseado na natureza), não demandando, exclusivamente, a implementação de novas estruturas hidráulicas em detrimento da eficiente operação e manutenção das já existentes (BAPTISTA et al, 2005; TUCCI, 2007).

Embora seja necessário combinar as medidas estruturais e não-estruturais de controle de inundações, se deve considerar que a mudança para a visão sustentável das soluções em drenagem urbana exige um compromisso com as consequências futuras das decisões tomadas no presente. Assim, as soluções devem ser flexíveis ao ponto de permitir possíveis modificações e adaptações no decorrer do desenvolvimento de bacias urbanas (CANHOLI, 2005).

Neste sentido, se deve considerar o conceito de resiliência urbana na tomada de decisões, acerca da gestão e planejamento das infraestruturas de canais fluviais abertos e zonas marginais onde habitam populações ribeirinhas, de modo que a adoção de ações e medidas de controle sejam adaptativas e multifuncionais na paisagem urbana e, que considerem a perspectiva de um desenho da cidade sensível à água (BROWN et al., 2008).

Consubstanciado as questões supracitadas, e considerando que os canais fluviais abertos estão inseridos no ambiente urbano, em que alguns trechos de sua extensão, é comum se identificar o processo de ocupações espontâneas e desordenadas em suas margens, sendo geralmente evidenciado edificações vulneráveis às inundações. Neste cenário, as populações estão expostas aos impactos socioeconômicos e ambientais devido a inundações, como a proliferação e incidência de doenças relacionadas a ingestão e contato com água contaminada pela falta ou ineficiência do sistema de esgotamento sanitário, prejuízos econômicos pela perdas de bens móveis e imóveis, interrupção do tráfego de pedestres e veículos, etc.

Ainda assim, além dos impactos socioeconômicos e ambientais que podem advir dos eventos de inundações, os canais fluviais abertos, quando artificialmente retificados, constituem-se como elementos infraestruturais urbanos e são integrados a paisagem de cidades. Entretanto, a degradação de seus componentes, como as

contenções laterais e vias, é um processo natural e inevitável e, à medida que se aproximam do fim da sua vida útil, aumentam os custos de manutenção e diminuem o desempenho para os fins que foram projetados.

O cenário de impactos socioeconômicos e ambientais supradissertado é evidenciado em cidades amazônicas, cujo planejamento e gestão pública urbana e ambiental ainda é pouco sustentável, o que ocasiona a ineficiência dos sistema de drenagem, baixos índices de saneamento municipais e desarticulação com os planos municipais essencialmente setorializados.

Deste modo, diante das problemáticas referidas, propor ferramentas com enfoque multicritério que auxiliem as tomadas de decisão de gestores públicos de municípios da Amazônia, quanto a prioridade de intervenção em canais fluviais abertos e zonas marginais em bacias urbanas, para redução de impactos socioeconômicos e ambientais das inundações às populações ribeirinhas, otimizando a aplicação de recursos públicos em soluções eficientes e induzir a sustentabilidade urbana e ambiental, por um conjunto de ações de concepção intersetoriais, é uma questão preponderante a ser investigada.

Além de alinhar-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da agenda 2030, da organização das nações unidas (ONU), no que se refere a cidades e comunidades sustentáveis; considera-se que, apenas por uma relação “ótima”, sistemática e ponderada entre critérios que esteja associados ao viés da análise de risco (susceptibilidade à inundações, vulnerabilidade das edificações e impactos), custos (operação e manutenção) e desempenho (urbano-ambiental) das infraestruturas de canais fluviais abertos e de zonas marginais, é que se pode propor um conjunto de ações intersetoriais para reduzir danos socioeconômicas e ambientais das inundações às populações ribeirinhas em bacias urbanas, enfatizando ainda as características cênicas urbanas pela gestão patrimonial das infraestruturas (GPI) (ALEGRE, 2008; CARRIÇO, 2014).

Neste contexto, embora a utilização de métodos multicritérios de auxílio a decisão sejam bastantes difundidos, a introdução de modelos de dedutivos, como a lógica fuzzy, acoplada aos métodos multicritérios tradicionais, especificamente adaptados as peculiaridades socioeconômicas e ambientais de cidades da amazônia brasileira para auxiliar a gestão e planejamento urbano e ambiental, apresenta-se como um aspecto relevante diante da complexa convergência de diferentes atores e antagônicos pontos de vistas (ambiental, técnico, econômico, social, político) para a tomada de decisão, de modo a se apresentar como uma inovadora contribuição às gestões públicas municipais. Portanto, este projeto pretende avançar em três perspectivas contributivas para a gestão e planejamento urbano e ambiental das cidades frente aos eventos de inundações urbanas.

- A primeira está essencialmente centrada no desenvolvido da metodologia dedutiva e adaptável para as peculiares questões socioeconômicas e ambientais de cidades da amazônia brasileira a fim de priorizar adequados graus de intervenções em canais fluviais abertos.
- Em outra perspectiva, considera-se que, além de ser capaz de melhor expressar peculiaridades amazônicas, a metodologia desenvolvida se apresentar como ferramenta gerencial para mitigação de impactos das inundações às populações ribeirinhas e promoção do aspecto cênico urbano, otimizando a aplicação de recursos públicos em medidas eficientes de modo a induzir a sustentabilidade urbana e ambiental, por um conjunto de ações de concepção intersetoriais.
- A veiculação de uma plataforma que, além de divulgar vídeos didáticos e autoexplicativos sobre o conteúdo do projeto e resultados, possa incluir a participação do usuário para reformular a atribuição de pesos dos critérios para priorizar intervenções em canais fluviais abertos, e ainda mapear e atualizar, de forma periódica, os graus de intervenção em canais fluviais abertos em bacias urbanas de cidades da amazônia brasileira, também se apresentará como um contributo à gestão ambiental e urbana no âmbito municipal e estadual de auxílio à tomada de decisão, pela ferratmenta PINurb.



## 7. METAS E INDICADORES DA PROPOSTA

Além de desenvolver uma plataforma de monitoramento das prioridades de intervenção, para enaltecer o caráter prático do PINurb sua principal meta é aplicar a metodologia dedutiva adaptada às questões socioeconômicas e ambientais de cidades da Amazônia brasileira, que, particularmente, tenham em suas bacias urbanizadas uma relação direta de impactos à inundações com os canais fluviais abertos. Assim, far-se-ão necessários:

- Selecionar as bacias urbanas a serem estudadas, realizando detalhada e extensa revisão bibliográfica para o reconhecimento e diagnóstico quanto ao uso e ocupação do solo e intervenções estruturais e estruturantes já adotadas, projetadas ou em projeto;
- Definir os trechos de canais fluviais abertos e suas respectivas configurações infraestruturais de margem, geometria das secções do curso d'água, retificadas ou não, custos de operação e manutenção, bem como as características específicas das tipologias de habitações e renda das populações ribeirinhas.

Deste modo, além de definir uma bacia-piloto, para atingir as metas delineadas neste projeto, os indicadores da proposta foram divididos em organização de seminário, publicação de livro (e-book) e artigos em periódicos:

- Organização de *workshop* e cursos extracurriculares; elaboração de cartilhas educativas sobre educação ambiental e a promoção de eventos com a participação da sociedade civil organizada e atores da gestão pública. Indicador: material impresso em papel.
- Organização de seminário a ser realizado entre grupos de pesquisa (Portugal), com convidado nacional, de modo que seja apresentado os principais resultados da pesquisa (online). Indicador: veiculação de site do seminário, gravação das seções de apresentações e palestras, disponibilização de relatórios de pesquisa, exposição virtual no perfil do Instagram e no site do grupo de pesquisa MURBA, bem como nos veículo de mídia institucional do PPDMU/UNAMA
- Organização e publicação de livro (e-book) e artigos em periódico: editoração de livro de até 200 páginas sobre o processo da pesquisa e envio de artigos para periódicos com classificação QUALIS/CAPES
- Reunião final de avaliação e encaminhamento do projeto (online): gravação e transcrição da reunião final da pesquisa; relatório final da pesquisa.

## 8. PLANO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

O plano de divulgação científica do projeto está dividido em três vertentes: para o público em geral, sociedade civil organizada e atores da gestão pública, e para pesquisadores e acadêmicos. Assim, para o público em geral, nos primeiros três meses será completamente desenvolvido e divulgado o *website* da pesquisa com informações de todo o processo e ações, e ainda planeja-se divulgar o lançamento do website e das ações do projeto no website institucional do PPDMU/UNAMA e do MURBA, bem como nos respectivos perfis das redes sociais *Instagram* e *Facebook*.

Em paralelo ao mês-2/3 de pesquisa, estes canais de divulgação irão conter vídeos de andamento da pesquisa e, a partir do mês-3, serão igualmente divulgados os resultados/etapa da pesquisa. A partir do mês-7 até o mês-11 se dará início ao processo de divulgação de curso, *workshop* e o seminário, e publicação de livro (e-book), contendo o processo metodológico e os principais resultados da pesquisa (que integra a vertente de participação da sociedade civil organizada e atores da gestão pública).

No que se refere a vertente de divulgação para pesquisadores e acadêmicos, o processo de preparação e publicação de artigo em periódicos classificados na plataforma QUALIS/CAPES (extratos A), sobre o referencial teórico, metodológico desenvolvido e/ou dos resultados obtidos, está planejado para se iniciar a partir do mês-9. A este propósito, pode-se fazer incluir a participação em eventos nacionais e/ou internacionais para



apresentação e publicação de artigos em anais. E, a partir do mês-11 será iniciado o processo de disponibilização da plataforma PINurb “Web”, sendo finalizado no mês-12 (Quadro 1).

Quadro 1- Plano de divulgação do projeto PINurb

| Itens/atividades               | Plano de Divulgação do Projeto em 12 meses de projeto |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                                | 1                                                     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Website/Rede social            |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Produção/divulgação vídeos     |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Divulgação Resultados/Etapa    |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Divulgação curso/workshop/sem. |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Publicação de livro (e-book)   |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Preparação/publicação artigo   |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Disponibiliza Plataforma Web   |                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

## 9. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Apropriado ao setor do saneamento, com forte vertente para a gestão e planejamento urbano e ambiental, a referida ferramenta gerencial será capaz de priorizar intervenções em infraestruturas de canais fluviais abertos e em zonas marginais em bacias urbanas, aditado de ações de concepção intersetorial, para reduzir os impactos das inundações sobre populações ribeirinhas.

No contexto de cidades, resultará evidente que as principais ações gerenciais de concepção intersetorial a serem adotadas para redução dos impactos das inundações urbanas partirá da hipótese que podem ser deduzidas pela análise de dimensões do saneamento ambiental, socio-econômicas, da perspectiva cênica da paisagem urbana, legalista e, da dimensão associada a base teórica que perfaz a GPI no âmbito do ambiente construído. Pelo espectro multidimensional, importa considerar a resiliência e percepção das populações às inundações para se incluir às decisões, optando-se por uma cidade integrada, participativa e sensível à água (REZENDE, 2018; BROWN et al., 2008).

Daí decorrerá ser complexa a necessidade de relacionar estas dimensões e conceitos à variados critérios, nem sempre mensuráveis, subjetivos, imprecisos, ambíguos, conflitantes e de difícil mensuração. Para superar tais limitações, o PINurb desenvolverá uma metodologia dedutiva com base teórica (planejamento-decisão-conjuntos fuzzy) que possibilitará compatibilizar a importância e interação entre múltiplos critérios por um modelo dedutivo “fuzzy-multicriterial” como ferramenta de planejamento e gestão urbana e ambiental.

Pelo modelo dedutivo é que se pode priorizar de forma otimizada, por um viés de risco-custo-desempenho, quais as ações intervencionistas mais eficientes (sustentáveis) em canais fluviais abertos e em áreas ribeirinhas podem ser adotadas para reduzir impactos socioeconômicos e ambientais em bacias urbanas. Para tanto, objetivos específicos devem ser considerados os quais sejam:

- Definir questões (critérios) que serão “fuzzificados” e efetivamente alinhados às dimensões do ambiente construído (físico-infraestrutural), socioeconômicos, ambientais, legalistas, que possam auxiliar a priorização de ações intervencionistas nos canais fluviais abertos, zonas ribeirinhas e bacias urbanas;
- Classificar e caracterizar os graus de prioridade de intervenções em bacias urbanas a par de correspondentes planos de ações de concepção intersetoriais.
- Aplicar e aferir o desempenho dos principais modelos dedutivos “fuzzy-multicritério” de auxílio à decisão;

## 10. METODOLOGIA

### 10.1. PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL

Os impactos das inundações em bacias urbanas se faz sentir em zonas marginais e são relevantes às margens de canais fluviais abertos, em que é comum se identificar a ocupação de populações em áreas ribeirinhas<sup>1</sup>. Neste cenário, foi usual recorrer a retificações da seção transversal destes canais para facilitar o escoamento das águas pluviais. Além do desempenho desta medida estrutural ser insustentável, com o crescimento urbano a capacidade de escoamento pode ser reduzida pela disposição inadequada de resíduos sólidos e assoreamento, produzido pela acumulação de sedimentos, aumentando a velocidade do escoamento e erosão do solo.

Ainda assim, o inapropriado lançamento de efluentes “*in-natura*” nos canais fluviais, considerando a falta ou baixa abrangência da rede coletora de esgotos é um cenário presente em muitos rios urbanos de cidades da Amazônia brasileira, comprometendo a qualidade da biota aquática e onerando o tratamento da água para fins potáveis. Considerando ainda que os canais fluviais abertos se inserem no ambiente urbano destas cidades, principalmente nas grandes metrópoles como Belém e Manaus, em alguns trechos às margens de sua extensão é comum se identificar ocupações espontâneas por edificações fisicamente vulneráveis às inundações.

Diante desta condição, as áreas e populações ribeirinhas de cidades da Amazônia estão diretamente expostas aos impactos da inundações, como o risco de proliferação e incidência de doenças relacionadas a injeção e ao contato com água contaminada, pela falta ou ineficiência de um sistema de esgotamento sanitário, prejuízos econômicos pela perda de bens móveis e imóveis, interrupção do tráfego de pedestres e veículos.

Além dos impactos que podem advir de eventos de inundações, os canais fluviais abertos, quando artificialmente retificados, constituem-se como elementos infraestruturais urbanos e são integrados a paisagem de cidades e que poderiam ser utilizados para a recreação, navegação, turismo, etc. Entretanto, a degradação de seus componentes, como contenções laterais e vias, é um processo natural e inevitável e, à medida que se aproximam do fim da sua vida útil, aumentam os custos de manutenção e diminuem o desempenho para os fins que foram projetados, ao menos que sejam implementadas ações de gestão patrimonial das infraestruturas urbanas (GPI).

Este cenário de impactos supradissertado, de espectro multidimensional, é comumente evidenciado em cidades amazônicas como em Belém, cujo planejamento e gestão pública urbana e ambiental ainda é pouco sustentável, ocasionado pela ineficiência dos sistemas de drenagem, desarticulação com planos municipais de saneamento, resíduos sólidos e urbanísticos essencialmente setorializados.

Deste modo, diante das problemáticas referidas, propor ferramentas adaptativas que agregue estas múltiplas dimensões e possam auxiliar as tomadas de decisão de gestores públicos de cidades da Amazônia brasileira, quanto a prioridade de intervenção em canais fluviais abertos e zonas marginais em bacias urbanas, para reduzir impactos das inundações às populações diretamente expostas e promover o aspecto cênico urbano, otimizando a aplicação de recursos públicos em medidas eficientes, e induzir a sustentabilidade urbana e ambiental, por um conjunto de ações de concepção intersetoriais<sup>2</sup>, é questão preponderante a ser investigada.

Entretanto, considerando que existe uma interrelação, sistemática e ponderada entre as referidas múltiplas dimensões (critérios), que estão associados aos vieses da análise de risco, custo e desempenho das infraestruturas de canais fluviais abertos e zonas marginais; a maioria ainda são subjetivos, ambíguos, incertos e de difícil representação matemática. Para superar estas limitações, propõem-se uma metodologia dedutiva

<sup>1</sup>Ainda que a referência deste termo seja comumente relacionada às comunidades ribeirinhas da Amazônia brasileira (LIRA; CHAVES, 2016), no contexto desta proposta tal expressão se refere às populações que vivem às margens do leito maior de rios naturalmente sujeitas a enchentes urbanas, pelo que Tucci (2011) denominou de “enchentes em áreas ribeirinhas”.

<sup>2</sup>Estratégia política complexa, cujo resultado na gestão de uma cidade é a superação da fragmentação das políticas nas várias áreas onde são executadas. Em geral, trata-se de mecanismos de gestão e integração de ações, saberes e esforços de diferentes setores da política pública, com o objetivo de construir objetos comuns de intervenção entre eles, para o enfrentamento mais articulado dos problemas sociais.

“fuzzy-multicriterial” a fim de priorizar intervenções estruturais, não-estruturais ou mistas para reduzir impactos das inundações às populações ribeirinhas que, aditado de um conjunto de ações interstoriais, pode proporcionar melhorias das condições ambientais e urbanas de zonas marginais e das infraestrutura de canais fluviais abertos.

Além de superar limitações operacionais, esta metodologia dedutiva e adaptativa deve ser capaz de melhor expressar a realidade das condições socioeconômicas e ambientais das cidades Amazônicas diante de uma complexa convergência entre antagônicos pontos de vistas (ambiental, técnico, econômico, social, político) para a tomada de decisão, de modo a se apresentar como uma contribuição às gestões públicas municipais. Desde a problemática à metodologia proposta, sinteticamente ilustrada pela Figura 1, este projeto será aplicado em bacias urbanas de cidades da amazônia brasileira, e espera-se que os resultados produzam:

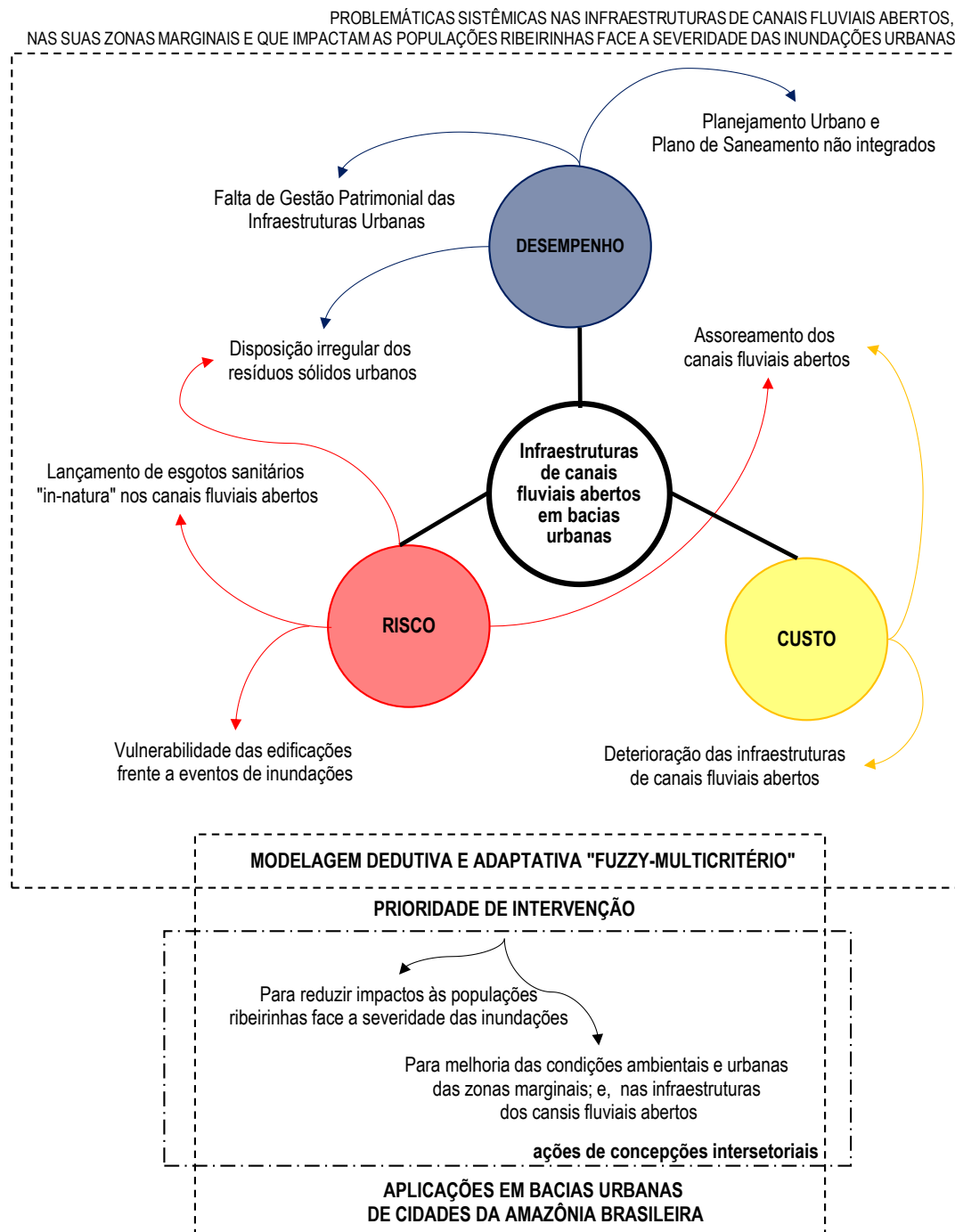


Figura1. Resumo da concepção para proposição de ferramenta dedutiva e adaptativa com enfoque em múltiplos critérios que possam auxiliar a tomada de decisão de gestores públicos de cidades da Amazônia brasileira, quanto a prioridade de intervenção em infraestruturas de canais fluviais abertos em bacias urbanas, aditado de ações interstoriais, a fim de reduzir impactos das inundações em áreas e às populações ribeirinhas.





- Aperfeiçoamento de aspectos teórico-metodológico para auxiliar à tomada de decisão, e a possibilidade de transferência de conhecimento aos gestores públicos,
- Elaboração e atualização de planos municipais de drenagem urbana intersetoriais;
- Capacitação de recursos humanos, difusão do conhecimento e cooperações nacionais e internacionais;
- A veiculação de plataforma que possa incluir a participação do usuário, mapear e atualizar, de forma periódica, os graus de intervenção em canais fluviais abertos em bacias urbanas de cidade amazônicas.

A proposição de modelagem dedutiva e adaptativa “fuzzy-multicritério”, incorporando-lhe um plano de ações de concepção intersetorial, as quais estão inseridas a adoção de medidas estruturais, não-estruturais ou mistas, podem indicar decisões compartilhadas e sustentáveis para reduzir impactos socioeconômicos e ambientais das inundações. Estas questões, que auxiliam o planejamento e gestão urbana e ambiental, se desenvolverão em três etapas aferidas por levantamentos secundários, visitas “in-loco” e aplicações de “survey” às populações.

**A primeira etapa** é caracterizada pelo levantamento de questões físico-infraestruturais, econômicas, sociais, ambientais e legalistas a serem ponderadas como critérios para classificar os graus de prioridade de intervenções em canais fluviais abertos e em zonas marginais, para redução dos impactos de inundações urbanas sobre as áreas e populações ribeirinhas (Figura 2).

## 10.2. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES FÍSICO-INFRAESTRUTURAIS

No que se refere ao ambiente construído, qualificar as margens sujeitas às inundações, vistoriar “in-loco” se o curso d’água de um canal fluvial aberto foi retificado artificialmente e avaliar a integridade das estruturas de contenção de margens, são aspectos essencialmente subjetivos e qualitativos, associados a questões infraestruturais que devem ser abordados sobre a base teórica da GPI (ALEGRE, 2008; CARRIÇO, 2014). A igual subjetividade da percepção urbana (DEL RIO, 1999), para aferir se os cursos d’água em zonas urbanas poderão ser utilizados como espaços de lazer, navegação, turismo, e paisagístico, também se constitui como critérios relacionados a questão física e infraestrutural de canais fluviais abertos em bacias urbanas, e será aferido por meio de um “survey” realizado “in-loco” junto as populações ribeirinhas.

## 10.3. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES SOCIOECONÔMICAS

O custo de operação e manutenção de um canal fluvial aberto, associado a dragagem de fundo e limpeza de margens (meio-fio, guias laterais e vias), é essencialmente um critério econômico. Entretanto, este custos podem externalizar benefícios às populações e zonas marginais aos canais, face aos eventos de inundações, posto que podem reduzir prejuízos econômicos, a interrupção no tráfego de pedestres e veículos e os riscos de transmissão de doenças de veiculação hídrica, sendo considerados como critérios socioeconômicos a serem estimadas pela proposição de Zonensein et al., (2008).

Adicionalmente aos critérios sociais, a vulnerabilidade das edificações em zonas marginais aos canais é uma questão preponderante a ser avaliada. Como a estrutura destas edificações geralmente quando precarizadas, apresentam-se inseguras (não resistentes) frente a eventos de inundações, pelo que não é raro ocorrer prejuízos materiais, com a perda de bens, e até de vidas humanas.

Identificar estas edificações e enquadrá-las numa zona de impacto direto à inundações, gerando “buffer” a partir do eixo longitudinal dos canais fluviais abertos, é procedimento a ser adotado. Assim, com adaptações ao modelo de Silva e Pereira (2014), será definido a caracterização de tipologias dos imóveis, considerando a resistência das edificações, magnitude do evento e valor econômico do bem imóvel, por meio de vistoria sensorial a ser realizada “in-loco”, com levantamento cadastral e identificação fotográfica.



Figura 2. ETAPA 1: Levantamento de questões físico-estruturais, socioeconômicas e ambientais a serem ponderadas para priorizar intervenções em canais fluviais abertos em bacias densamente urbanizadas.

#### 10.4. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES AMBIENTAIS

Os sedimentos entregues às linhas d'águas, além de poderem assorear e reduzir a capacidade de escoamento das águas pluviais, podem comprometer a qualidade da água. Considerando o grau de urbanização de uma bacia, será utilizada uma versão adaptada para os rios amazônicos do método USLE, estimando a quantidade de sedimentos entregues à linha d'água em toneladas/km<sup>2</sup> (LISBOA et al., 2017). Aferido a área da secção transversal, estima-se a quantidade de sedimento depositado ao longo do trecho de canais fluviais abertos.

Aferir a disponibilidade de contentores de disposição temporária de resíduos sólidos e identificar a possibilidade de ligações clandestinas de esgoto com vistorias “in-loco”, lançado “in-natura” ao canal fluvial aberto, podem ser aspectos a serem ponderados como critérios ambientais. Assim, considerou-se que estes critérios podem depreciar a qualidade ambiental das populações marginais aos canais fluviais abertos em bacias urbanas.

Neste sentido, além do descarte irregular e indiscriminado de resíduos sólidos para os canais fluviais reduzirem sua capacidade de escoamento, a identificação e cadastramento “in-loco” da presença ou ausência de depósitos temporário em locais inapropriados será efetuado, posto que a sua ausência pode acelerar a decomposição da matéria orgânica “in-situ”, produzindo o chorume que pode ser lixiviado para o sistema de microdrenagem até atingir a linha d’água dos canais, contaminando o corpo hídrico (MONTEIRO, et al., 2001; TUCCI, 2004).

## 10.5. DEFINIÇÕES DE QUESTÕES LEGALISTAS

As interrelações entre questões físico-estruturais, socioeconômicas e ambientais não podem estar dissociados dos aspectos legalistas relacionados aos planos setoriais municipais. No Brasil, apesar de os municípios terem sido pressionados a estabelecerem um plano diretor urbano, a grande maioria não contempla os aspectos de prevenção contra a ocupação dos espaços de risco de enchentes (BARBOSA, 2006). Neste sentido, avaliar se zonas de sustentabilidade à inundações integram os planos de uso e ocupação do solo, e a sua efetividade vinculada à integração com questões socioeconômicas e ambientais (MARSALEK et al., 2001); deverão ser avaliadas.

Atribuindo atributos linguísticos associados a códigos alocados<sup>3</sup>, a ponderação das questões físico-estruturais, socioeconômicas, ambientais e legalistas deve ser estabelecida por uma relação causa-efeito através de método dedutivo “fuzzy-multicriterial” que possa auxiliar a priorização de intervenções nos trechos de canais fluviais abertos e em zonas ribeirinhas, adaptativa às peculiaridades de questões ambientais e socioeconômicas de cidades da amazônia brasileira.

Para tanto, além de indicações para implementação de medidas estruturais, não-estruturais ou mista, estas intervenções devem satisfazer um conjunto de ações de gestão infraestrutural e de concepções intersetoriais, as quais serão caracterizadas por uma **segunda etapa**. Assim, se estabelece quatro graus de prioridades de intervenções em três eixos, consubstanciado por índice: Imediata, Corretiva, Preditiva e Preventiva (Figura 3).

## 10.6. DEFINIÇÕES DE EIXOS PRIORITÁRIOS DE INTERVENÇÃO

O **primeiro eixo** se refere às áreas e populações ribeirinhas aos canais fluviais abertos em bacias urbanas, que estão diretamente expostas aos impactos socioeconômicos e ambientais face aos eventos de inundações. Deste modo, conforme o grau de prioridade de intervenção, correspondentemente serão definidas as ações de concepção intersetorial de apoio a remoção de populações que habitam áreas susceptíveis a inundações, incluindo-as em programas de habitações públicas e indenizações, de saúde pública, de assistência social, de oferta de auxílios e subsídios sociais.

O **segundo eixo** esta associado às zonas marginais aos canais fluviais abertos, previamente delimitadas, cujas ações de intervenções possam estar integradas ao plano de segurança pública, de educação ambiental, de regularização fundiária e urbanização (que considere a promoção de áreas verdes, de lazer e completo mobiliário urbano, e que promova a integração social das populações ribeirinhas – “*placemaking*”<sup>4</sup>).

Deste modo, para toda a zona marginal e extensão do canal com o trecho enquadrado em determinados graus de intervenção, face a severidade dos impactos de inundações, deve-se considerar a permanência de unidades de polícia, corpo de bombeiros e/ou defesa civil para evitar saques, arrombamentos, furtos e assaltos, e ainda garantir isolamentos de áreas e residências sujeitas a desabamentos, deslizamentos, incêndios, etc.

<sup>3</sup>Escala lógica “não-fuzzy” ordenada para diferenciar características qualitativas composta por números naturais consecutivos em ordem crescente (e.g., 1 – BAIXO; 2 – MÉDIO, 3 – ALTO). A partir desta definição é que serão desenvolvidos os intervalos “fuzzy” pela definição de funções de pertinência (“e.g., entre a escala 1 e 2 há um intervalo que o atributo não é totalmente “BAIXO” nem “MÉDIO”, e nem tampouco “MÉDIO” e “ALTO” a partir de um intervalo “fuzzy” entre a escala 2 e 3).

<sup>4</sup>O termo “*placemaking*”, pode ser traduzido para o português como “fazer lugares”. O conceito foi cunhado pela ONG norte-americana, *Project for Public Spaces* (PPS), para definir os processos de desenho colaborativo de espaços públicos que levam em conta os desejos, interesses e necessidades das comunidades locais. Assim, estes espaços passam a ser uma área de interação entre as pessoas e a cidade. Além de promover melhor “*design*” urbano, o “*placemaking*” facilita padrões criativos de usar, prestando especial atenção aos aspectos físicos, culturais e sociais, identidades que definem um lugar e apoiam sua evolução contínua.



E, proporcionalmente aos graus de intervenção, em zonas marginais também deve ser implementado planos para as vias de comunicação, exigindo um protocolo extensivo para a ocorrência de eventos de inundações, devendo ser indicado as rotas alternativas para o desvio do tráfego veicular e acesso dos usuários para utilização de transportes públicos. E, ainda, a instalação de placas e sinalizações sobre o perigo em trafegar em vias susceptíveis à inundações, como instrumento integrado ao plano municipal de transporte.

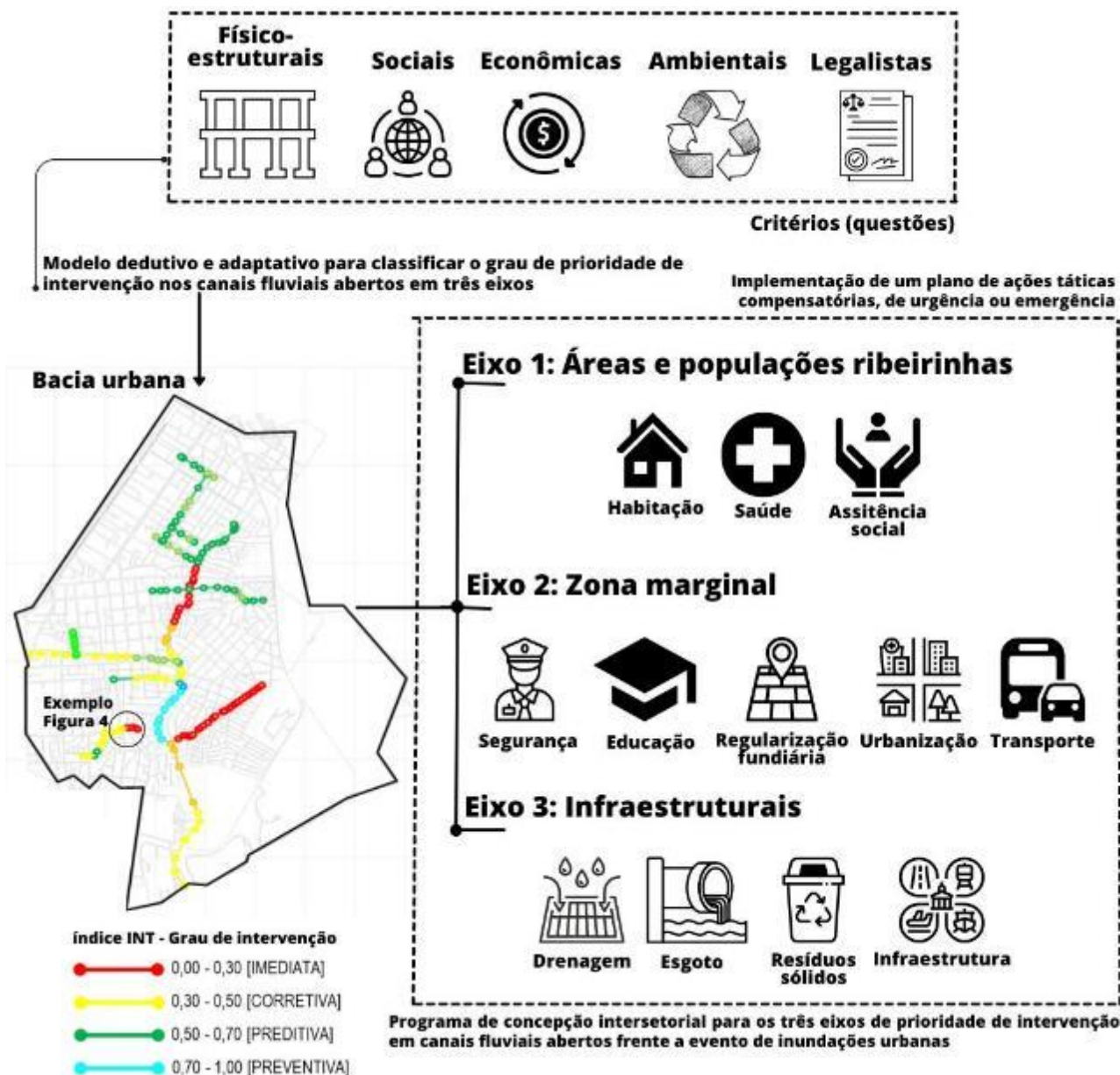


Figura 3. ETAPA 2: Prioridade de intervenções e programa de ações intersetoriais para reduzir danos das inundações urbanas.

Da mesma forma, ações permanentes para a educação ambiental, oficinas de conscientização ambiental e de primeiros socorros devem ser programadas para as populações ribeirinhas que habitam a referida zona, cujas abordagens devem estar relacionadas à poluição dos rios, manejo de resíduos sólidos, e como agir face a um evento de inundações.

O **terceiro eixo** de prioridades de intervenções é propriamente na infraestrutura do canal fluvial aberto de uma bacia urbana, cujas ações vão desde a elaboração de estudos técnicos para viabilizar novas medidas estruturais de drenagem, até a implementação de medidas não-estruturais como um sistema de alerta a inundações,

cobrança de taxa de drenagem (e.g., LISBOA et al., 2012; 2014), dragagem dos canais e limpeza das vias públicas (que podem auxiliar planos de drenagem municipal), implantação e/ou ampliação da rede coletora de esgoto, inclusão na rota de coleta ou ampliação da área de coleta e instalação de contentores de armazenamento temporário de resíduos sólidos, respectivamente abrangidos pelos planos de saneamento e resíduos sólidos.

Na bacia urbana ilustrada na Figura 3, a Figura 4 apresenta uma exemplificação do processo de classificação do grau de prioridade de intervenção enfatizando dois trechos de canais fluviais abertos nos Eixos 1, 2 e 3, em função dos múltiplos critérios por modelagem dedutiva e adaptativa “fuzzy-multicritério”.

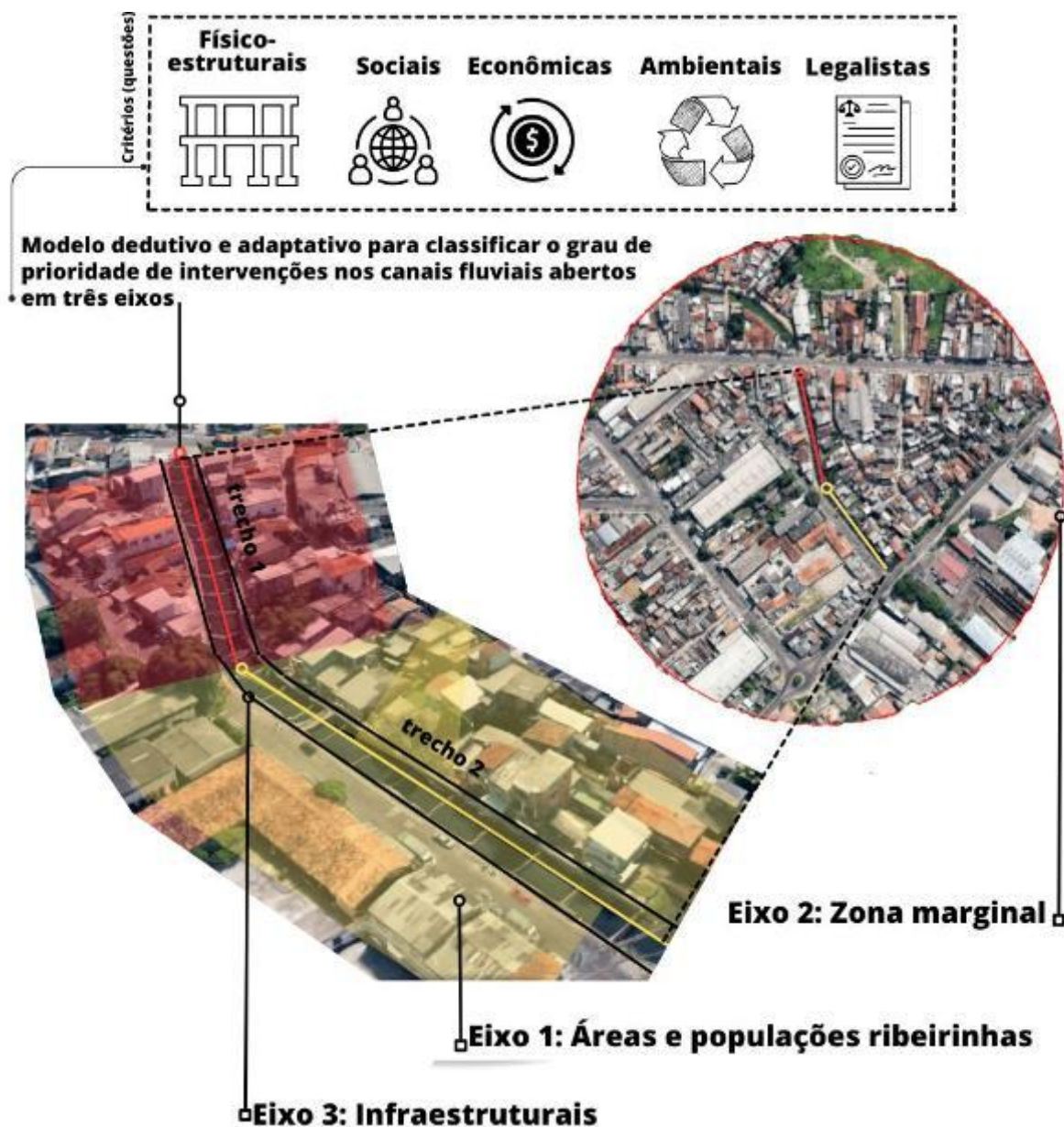


Figura 4. Exemplificação das prioridades de intervenções em três eixos para reduzir danos das inundações urbanas.

Complementarmente, no que se refere as intervenções na infraestrutura de canais fluviais abertos retificados, se considera implementar ações que integrem um plano de gestão patrimonial da estruturas construídas. A este plano devem ser considerados protocolos que enfatizem a inspeção dos elementos estruturais com rotinas de manutenção, substituição, revitalizações ou demolições, de modo que as infraestruturas devam ser integradas e harmonizadas à paisagem urbana, e que ainda possam os canais fluviais ser utilizadas como espaços de lazer, considerando ainda os múltiplos usos dos recursos hídricos (e.g., navegação, turismo).



O enquadramento destes protocolos de ações intersetoriais está condicionada a aplicação de métodos dedutivo e adaptativo “fuzzy-multicritério”, cujo produto é índice de intervenção (INT) aferido para cada trecho do canal fluvial aberto. Exemplificado na Figura 4, trechos 1 e 2 foram classificados no grau de prioridade de intervenção “imediate” e “corretiva” pelo índice INT. Este índice deve estimar valores entre 0 e 1, cujos intervalos foram relacionados aos graus de intervenção categorizados em: Imediatas ( $0 < \text{INT} < 0,30$ ), Corretiva ( $0,30 < \text{INT} < 0,50$ ), Preditiva ( $0,50 < \text{INT} < 0,70$ ); e, Preventiva ( $0,70 < \text{INT} < 1$ ) (Tabela 1).

Tabela 1 - Protocolares de concepção intersetorial para intervenções em canais fluviais abertos em zona urbana.

| Graus                                                                                                       | Ações protocolares de concepção intersetorial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Imediata</b></p>     | <p>Um plano de remediação deve ser implementado por um conjunto de ações táticas de emergência. Para as populações marginais aos canais fluviais diretamente exposta aos impactos socioeconômicos e ambientais, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção para habitações públicas e indenizações;</li> <li>• Inclusão no programa de saúde pública (para consultas e exames periódicos);</li> <li>• Inclusão no programa de assistência social, de auxílios e subsídios sociais;</li> </ul> <p>E para toda a zona marginal deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência de unidades de polícia, corpo de bombeiros, defesa civil e agentes de trânsito;</li> <li>• Promoção de palestras sobre educação ambiental e primeiros socorros frente a um evento de inundações, nos centros comunitários, ou locais de apoio (como igrejas, ginásios, etc);</li> <li>• Inclusão ao plano de regularização fundiária e de urbanização, que considere a promoção de áreas verdes, de lazer e completo mobiliário urbano.</li> <li>• Instalações de placas de sinalizações nas vias para alertar sobre o perigo em trafegar em vias suscetíveis à inundações, indicar as rotas alternativas para o desvio do tráfego veicular e acesso para o transportes públicos.</li> </ul> <p>E, para infraestrutura do canal deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de estudos técnicos para viabilizar medidas estruturais de drenagem e a dragagem do fundo de canais;</li> <li>• Implantação de sistema temporário de tratamento de esgotos nas edificações;</li> <li>• Inclusão das vias marginais na rota de coleta e implantação de contentores de armazenamento temporário de resíduos sólidos às margens dos canais;</li> <li>• Implantação de um plano de gestão patrimonial das infraestruturas, enfatizando inspeção dos elementos estruturais com rotinas de substituições e/ou demolições.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Corretiva</b></p>  | <p>Um plano de remediação deve ser implementado por um conjunto de ações táticas de urgência. Para as populações marginais aos canais fluviais diretamente exposta aos impactos socioeconômicos e ambientais das inundações, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indenização para sua possível remoção para habitações públicas;</li> <li>• Ampliação do programa de saúde pública (para consultas e exame períodos),</li> <li>• Ampliação de assistência social, de auxílios e subsídios sociais;</li> </ul> <p>E para toda a zona marginal, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência de unidades de polícia, corpo de bombeiros e agentes de trânsito;</li> <li>• Promoção de oficinas sobre educação ambiental e treinamento em primeiros socorros frente a um evento de inundações, nos centros comunitários, ou locais de apoio (como igrejas, ginásios, etc);</li> <li>• Integração e ampliação ao plano de regularização fundiária e de urbanização, que considere a promoção de áreas verdes, de lazer e completo mobiliário urbano;</li> <li>• Ampliação das instalações de placas de sinalizações nas vias para alertar sobre o perigo em trafegar em vias suscetíveis à inundações, indicar as rotas alternativas para o desvio do tráfego veicular e acesso para o transportes públicos.</li> </ul> <p>E, para infraestrutura do canal deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de estudos técnicos para a eventual necessidade de implantação de medidas estruturais de drenagem e não-estruturais, como a implantação de sistema de alerta a inundações, e um plano de dragagem do fundo de canais;</li> <li>• Implantação de sistema temporário de tratamento de esgotos nas edificações e elaboração de estudos técnicos para implantação da rede coleta de esgoto,</li> <li>• Implantação de contentores de armazenamento temporário de resíduos sólidos às margens dos canais;</li> <li>• Implantação de um plano de gestão patrimonial das infraestruturas, enfatizando inspeção dos elementos estruturais com rotinas de substituições, revitalizações e/ou demolições.</li> </ul> |
| <p><b>Preditiva</b></p>  | <p>Um plano de contingência deve ser implementado por um conjunto de ações táticas compensatórias. Para as populações marginais aos canais fluviais diretamente exposta aos impactos socioeconômicos e ambientais das inundações, com extensão de 50 m de raio além do “buffer, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliação do programa de saúde pública (para consultas e exame períodos);</li> <li>• Ampliação de assistência social, de auxílios e subsídios sociais;</li> </ul> <p>E para toda a zona marginal, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência de unidades de polícia e agentes de trânsito;</li> <li>• Promoção de oficinas sobre educação e conscientização ambiental e primeiros socorros frente a um evento de inundações, nos centros comunitários, ou locais de apoio (como igrejas, ginásios, etc);</li> <li>• Integração e ampliação ao plano de regularização fundiária e de urbanização, que considere a promoção de áreas verdes, de lazer e completo mobiliário urbano;</li> <li>• Instalações de placas de sinalizações para indicar as rotas alternativas para o desvio do tráfego veicular e acesso para os transportes públicos, principalmente em zonas marginais.</li> </ul> <p>E, para infraestrutura do canal deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de estudos técnicos para implantação de medidas não-estruturais de drenagem, como a implantação de sistema de alerta a inundações, e um plano de dragagem do fundo de canais, e aplicação de uma taxa de drenagem para habitações</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | <p>que ocupam toda a zona marginal, com extensão de 150 m de raio além do “buffer”;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da rede coleta de esgotos;</li> <li>• Implantação de contentores de armazenamento temporário de resíduos sólidos às margens dos canais;</li> <li>• Implantação de um plano de gestão patrimonial das infraestruturas, enfatizando inspeção dos elementos estruturais com rotinas de revitalizações e manutenções.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Preventiva | <p>Um plano de contingência deve ser implementado por um conjunto de ações táticas compensatórias. Para as populações marginais aos canais fluviais diretamente exposta aos impactos socioeconômicos e ambientais das inundações, com extensão de 150 m de raio além do “buffer”, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliação do programa de saúde pública (para consultas e exame periódicos);</li> <li>• Ampliação de assistência social, de auxílios e subsídios sociais;</li> </ul> <p>E para toda a zona marginal, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência de unidades de polícia e agentes de trânsito;</li> <li>• Promoção de cursos sobre educação ambiental e primeiros socorros frente a um evento de inundações, nos centros comunitários, ou locais de apoio (como igrejas, ginásios, etc);</li> <li>• Integração e ampliação ao plano de regularização fundiária e de urbanização, que considere a promoção de áreas verdes, de lazer e completo mobiliário urbano;</li> <li>• Instalações de placas de sinalizações para indicar as rotas alternativas para o desvio do tráfego veicular e acesso para os transportes públicos, principalmente em zonas marginais.</li> </ul> <p>E, para infraestrutura do canal, deve-se priorizar a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de estudos técnicos para implantação de medidas não-estruturais de drenagem, como a implantação de sistema de alerta a inundações, e um plano de dragagem do fundo de canais, e aplicação de uma taxa de drenagem para habitações que ocupam toda a zona marginal, com extensão de 250 m de raio além do “buffer”;</li> <li>• Implantação da rede coleta de esgotos;</li> <li>• Implantação de contentores de armazenamento temporário de resíduos sólidos às margens dos canais;</li> <li>• Implantação de um plano de gestão patrimonial das infraestruturas, enfatizando inspeção dos elementos estruturais com rotinas de revitalizações ou manutenções.</li> </ul> |

Para aferição do índice “INT”, implementa-se a **terceira etapa** da metodologia, caracterizada por formalizar a modelagem multicritério como auxílio à decisão (Figura 5). No âmbito das etapas de modelagem de natureza multicriterial, Belton e Stewart (2003) distinguiram que esta etapa deve seguir três fases: identificação e estruturação do problema; construção e utilização de um método matemático; e, o desenvolvimento. Neste projeto, considerando a globalidade dos critérios físico-infraestruturais, socioeconômicos e ambientais, a **primeira fase** terá como objetivo validar os referidos critérios utilizados para que não violem os axiomas de Roy (ROY, 1996).

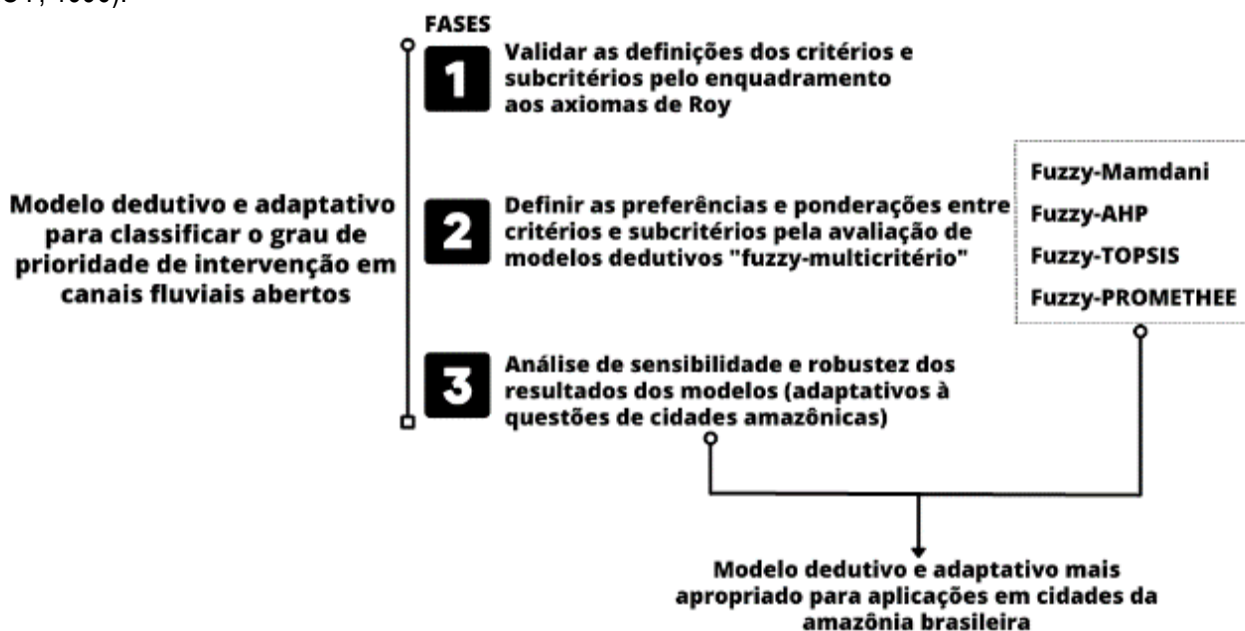


Figura 5. ETAPA 3: Formalização da modelagem fuzzy-multicritério como auxílio a tomada de decisão.

A **segunda fase** é dependente dos agentes de decisão (atores) e da estrutura de preferência para priorizar o grau de intervenção na extensão dos trechos de canais fluviais abertos por relações ponderadas entre os critérios físico-infraestruturais, socioeconômicos e ambientais adaptativos à peculiaridades de cidades da Amazônia

brasileira, pelo que tais condições, a priori, serão aferidas com entrevistas estruturadas com atores envolvidos neste processo decisório.

Considerando as relações de preferência (ROY; BOUYSSOU, 1993), inúmeros são os métodos multicritérios de auxílio à decisão, e que usualmente estão divididos em: métodos da escola francesa ou europeia; escola norte-americana; escola holandesa; interativos; e, híbridos. Assim, para priorizar o grau de intervenção na extensão dos trechos de canais fluviais abertos em bacias urbanas, cujos critérios nem sempre são mensuráveis e muitas vezes são subjetivos, imprecisos, ambíguos e conflitantes entre si, e ainda se apresentam de difícil representação matemática, recorre-se a uma metodologia dedutiva e adaptativa “fuzzy-multicritério”.

Esta metodologia é capaz de melhor expressar a realidade das condições socioeconômicas e ambientais das cidades amazônicas diante de uma complexa convergência de diferentes atores e antagonísticos pontos de vistas (ambiental, técnico, econômico, social, político) para a tomada de decisão, de modo a se apresentar como uma contribuição às gestões públicas.

Para a escolha do método a ser utilizado, a priori, elegeu-se os métodos de inferência fuzzy do tipo Mamdani (MAMDANI, 1974), fuzzy-AHP (JAISWAL et al., 2015), fuzzy-TOPSIS (CHEN, 2000) e fuzzy-PROMETHEE (ZUFFO, 2010). Enquanto o método dedutivo de inferência fuzzy seja mais apropriado na modelação da incerteza por regras, a escolha destes três últimos justificam-se pelo fato de serem métodos híbridos, representativos da escola norte-americana e europeia de decisões e que são mais utilizados.

A **terceira fase** se caracteriza por uma análise de sensibilidade e robustez dos resultados dos modelos fuzzy-multicritério. Por esta análise é que tornar-se-á possível verificar os componentes essenciais da elaboração de recomendações sobre a eficiência para priorizar os graus de intervenção imediata (corretiva não planejada), corretiva (planejada), preditiva e preventiva.

Considerando que as métricas da maioria dos critérios foram construídas com base em informação escassa, subjetivas, imprecisas; os estabelecimentos de escalas quali-quantitativas não constituirá uma tarefa precisa, de tal modo que o resultado final do índice “INT” dependerá dos pesos que lhes foram atribuídos, e que podem se traduzir em ações intervencionistas diferentes. A metodologia e o projeto PINurb está sintetizado pela Figura 6.

As três principais etapas de desenvolvimento de uma robusta ferramenta de planejamento e gestão urbana e ambiental, considerando ser esta uma contributiva proposta teórica-metodológica de auxílio à decisão, foram enquadrados numa fase conceitual e de provas de conceitos. Da constatação e avaliação do modelo fuzzy-multicritério menos sensível à bruscas alterações na classificação dos graus de priorização de intervenções em canais fluviais abertos e zonas marginais, inicia-se uma condição de validação da proposta de auxílio à decisão para escala de protótipo, em que se inicia a fase de aplicação.

Neste contexto, as bacias urbanas em cidades da amazônia devem ser selecionadas para satisfazer as metas deste projeto e das condições adaptativas da metodologia desenvolvida. Para esta seleção, se deve considerar a disponibilidade de dados secundários e visitação “in-loco” para que se proceda um detalhado reconhecimento e diagnóstico da área quanto ao uso e ocupação do solo, definição de trechos de canais fluviais abertos e configurações infraestruturais de margem, da geometria das secções do curso d’água, retificadas ou não, dos custos de manutenção, e ainda caracterizar as tipologias de habitações (SILVA; PEREIRA, 2014) e renda das populações (a ser obtido pelos dados do censo 2022 realizado pelo IBGE).

Para maturação da metodologia dedutiva e adaptativa desenvolvida se apresentar como contribuição à gestão urbana e ambiental sustentável e patrimonial das infraestruturas dos canais fluviais abertos deve-se, sobretudo, considerar a comprovação (validação) de redução dos impactos socioeconômicos nas zonas marginais e às

populações ribeirinhas, associadas a intervenções aditadas de um programa de ações de concepção intersetorial a serem integradas aos planos de drenagem urbana.

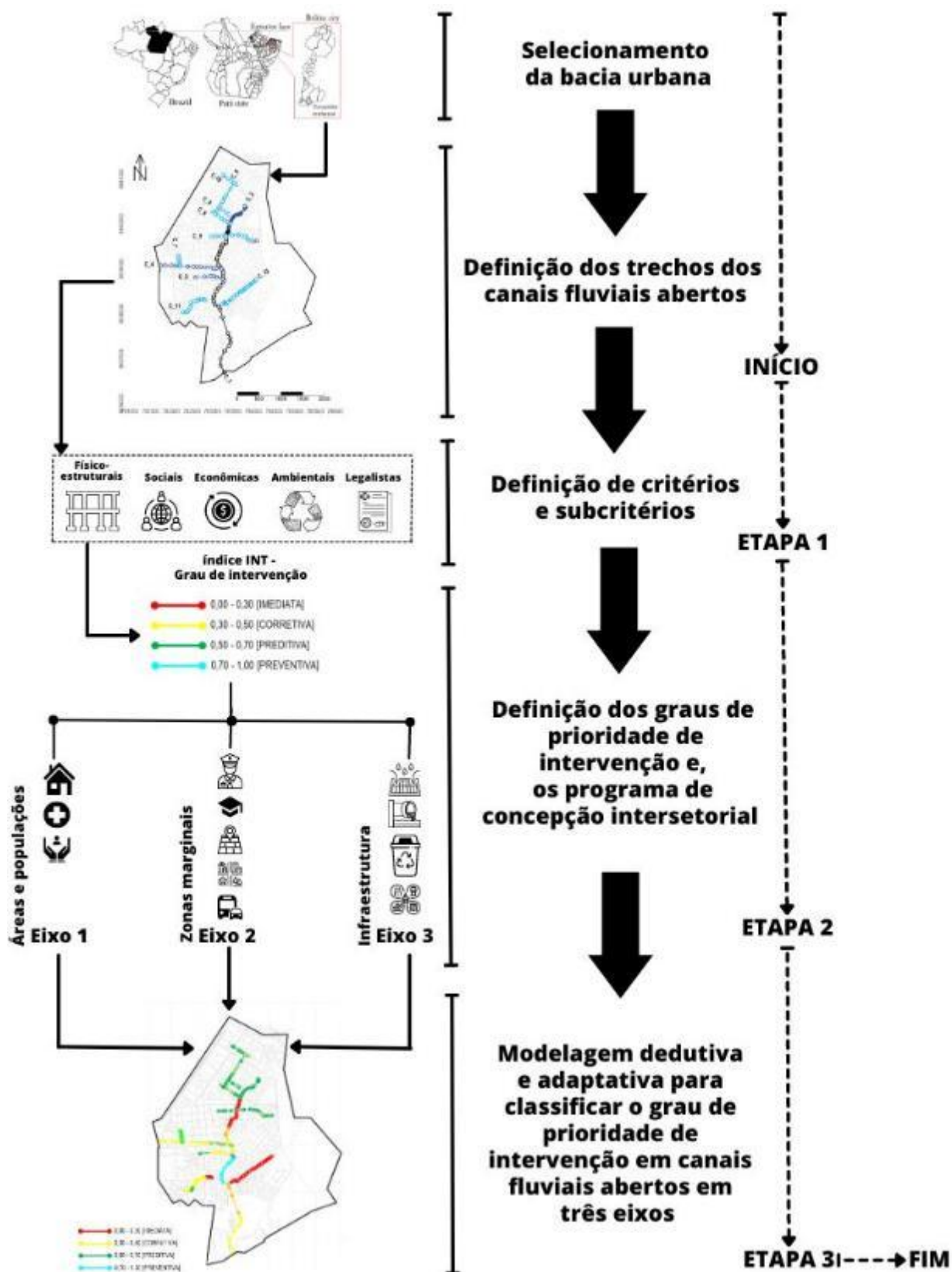


Figura 6. Layout do processo metodológico proposto.



Entretanto, considerando que estas ações intervencionista seriam validadas por um processo de ajustamento do modelo, recorre-se ao conceito “*history matching*” (KONIKOW; BREDEHOEFT, 1992), em que as referidas ações reproduzam o melhor possível o comportamento do sistema que se pretende simular, veiculando-se cenários. Assim, a metodologia será inicialmente aplicada nos trechos e zonas marginais de canais fluviais abertos da bacia do Tucunduba, pertencente a hidrografia da cidade de Belém, Pará, Brasil (Bacia-Piloto) (Figura 7).

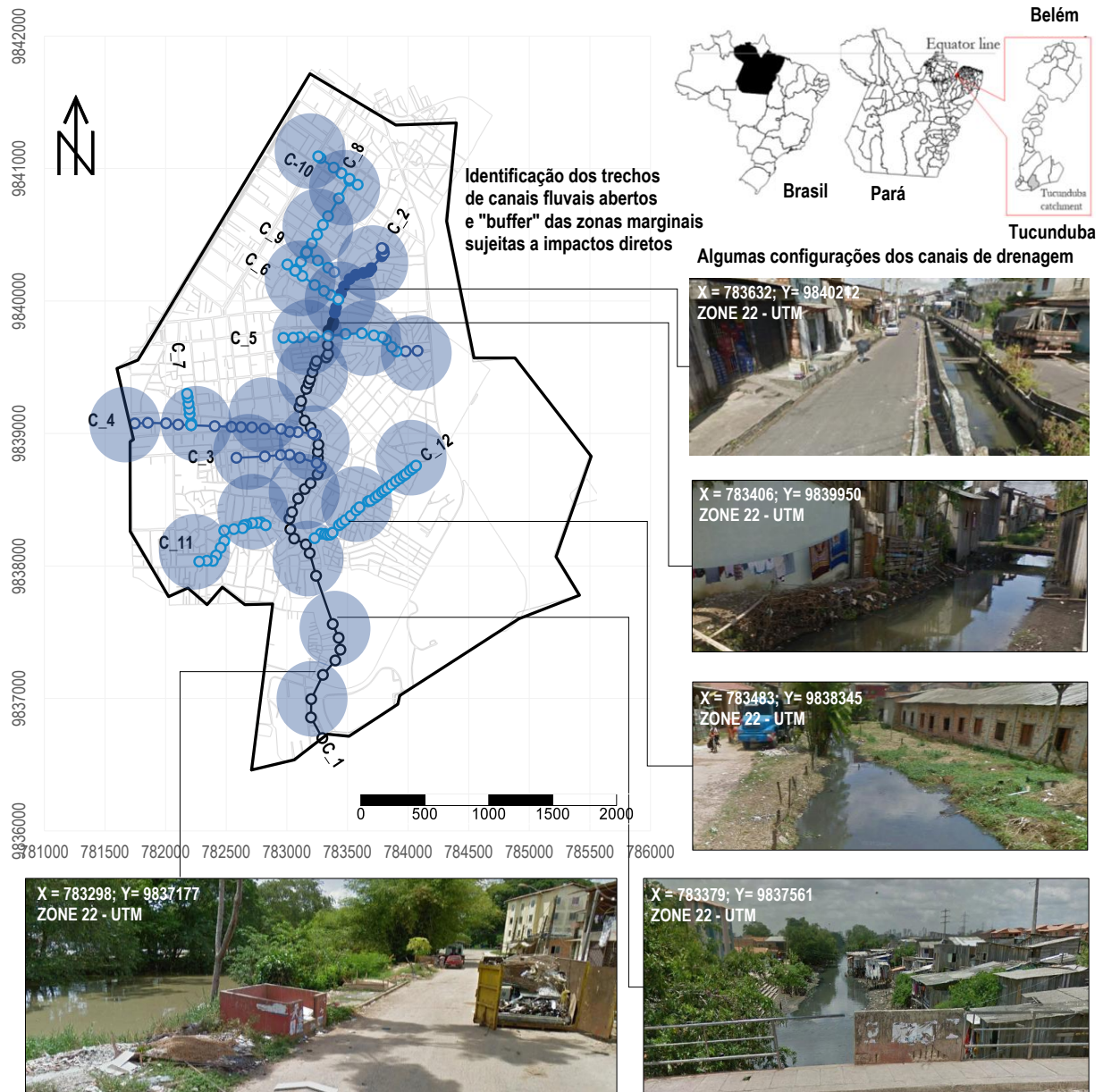


Figura 7. Bacia urbana na cidade de Belém utilizada para aplicação da metodologia dedutiva e adaptativa “fuzzy-multicritério”.

Com área de 10,55 km<sup>2</sup>, esta bacia tem treze canais fluviais de 14,18 km de extensão, sendo 7,86 km retificados, incluindo uma parte do curso d’água principal de 3,6 km (C\_1) (BARBOSA, 2003; LEÃO, 2013; NASCIMENTO; LEÃO, 2020). Além de extensamente antropizadas, esta bacia urbana integra uma parte da área continental da cidade com cotas inferiores a 4 m do nível do mar, impondo-lhes uma natural condição de suscetibilidade às inundações (permanentemente ou intermitente).

Para reduzir impactos desta condição de suscetibilidade às inundações, diversas ações foram executadas desde os anos 90, e algumas ainda estão em execução e projetadas para intervenções, contemplando a remoção de habitações em área ribeirinhas, retificações em canais fluviais abertos, urbanização e saneamento (LEÃO, 2013).



Nascimento e Leão (2020) referiram que, por questões técnicas, políticas e gerenciais, inclusivamente no âmbito de reassentamento das populações ribeirinhas, as referidas intervenções não foram completamente abrangidas, pelo que parte destas populações estão expostas às consequências das inundações. Pelo projeto PINurb, o desenvolvimento de uma ferramenta ao planeamento e gestão urbana e ambiental, baseado numa concepção teórica-metodológica dedutiva de auxílio à decisão, será aplicada nesta bacia urbana para priorizar intervenções estruturais, não-estruturais ou mistas em canais fluviais abertos que, aditado a um plano de ações de concepção intersectorial, adaptável a cidades amazônicas, podem reduzir impactos socioeconômicos e ambientais às áreas e populações ribeirinhas e zonas marginais.

## 11. ETAPAS DE EXECUÇÃO DA PROPOSTA

A proposta apresentada deverá ser executada por, basicamente, doze atividades. A primeira se caracteriza pela reunião inicial com os grupos parceiros de pesquisa (*kick-off*), sendo necessário realizar missão na instituição internacional para definir os termos e a pesquisa a ser desenvolvida (mês-1). Nos meses seguintes, será desenvolvido o *website* (mês-1/2/3), e será realizada a primeira etapa da pesquisa (definida no item 10.2, que se refere a metodologia a ser desenvolvida) (mês-2/3). A partir do mês-3, se inicia a segunda etapa da pesquisa, sendo finalizado no mês-4, pelo que está detalhadamente descrito no item 10.5 da proposição metodológica.

Em seguida, do mês-4 até o mês-6, planeja-se desenvolver a terceira etapa do projeto (descrito no item 10.6 da metodologia) e, paralelamente, dar-se-á início a criação de plataforma web que mapeará e atualizará, de forma periódica, os graus de intervenção em canais fluviais abertos em bacias urbanas de cidades da Amazônia brasileira, cuja experimentação será em uma Bacia-Piloto. No fim do mês-6, é planejado reunião “de meio” com os grupos parceiros de pesquisa a partir de missão na instituição internacional, a fim de apresentar resultados e organizar a participação da referida instituição nos cursos, *workshop* e seminários. Assim, do mês-6 até o mês-9 serão realizados os referidos cursos, *workshop* e seminários. E, a partir do mês-9 até o mês-11 será organizado e publicado o livro (e-book) sobre o projeto, apresentando o relatório final do projeto no mês-12 (Quadro 1).

Quadro2- Cronograma de atividades a serem realizado em 12 meses do projeto PINurb.

| Itens/atividades               | Cronograma de atividades em 12 meses de projeto |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                                | 1                                               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Kick-off (Reunião c/parceiros) |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Criação de Website             |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Primeira etapa (item 10.2)     |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Segunda etapa (item 10.5)      |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Terceira etapa (item 10.6)     |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Criação de plataforma web      |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Reunião c/parceiros            |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Realização de curso            |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Realização de workshop         |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Realização de seminário        |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Organização/publicação-livro   |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Reunião/Relatório Final        |                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

## 12. PRODUTOS ESPERADOS

É expectável que, no fim deste projeto PINurb, ao se efetivar a abordagem teórico-metodológica pretendida, se alcance um conhecimento mais aprofundado sobre quais as intervenções sejam mais eficientes (sustentáveis) para a redução dos impactos socioeconômicos e ambientais das inundações em bacias urbanas. E que avanços imediatos sejam associados, inicialmente, sobre a metodologia dedutiva e adaptável para cidades da Amazônia brasileira; e, posteriormente, para auxiliar a elaboração e atualização de planos municipais de drenagem urbana por ações de natureza intersectorial, bem como para a gestão e planeamento urbano e ambiental.



Por outro lado, a mitigação dos impactos serão correspondentemente associados às ações intervencionistas tomadas por gestores públicos, de modo que tornar-se-á imprescindível delinear um planejamento estratégico, tático e operacional que considere os danos socioeconômicos e ambientais das inundações urbanas, incluindo aquelas ocorridas por consequência das alterações climáticas. E, ainda assim, a referida proposição deverá ser capaz de proporcionar uma completa gestão patrimonial das infraestruturas urbanas de canais fluviais abertos e sobre zonas marginais, aproveitando os curso d'água para fins de lazer, navegação, turismo, etc.

No geral, é pretendido que os resultados obtidos possam consolidar a proposta formulada como uma contrubutiva ferramenta de auxílio à gestão e planejamento urbano e ambiental para cidades da Amazônia brasileira, pelo:

- Treinamento de equipe multidisciplinar, com alunos de iniciação científica, mestrado, doutorado, pós-doutorado e bolsistas de apoio técnico CNPq e CAPES e FIDESIA;
- Elaboração de material didático pedagógico sobre os métodos multicritérios de auxílio à decisão, que inclui a confecção de livro (e-book) sobre o projeto e seus resultados;
- Estabelecimento de novas parcerias por meio de acordo de cooperação técnica (ACT) e aprofundar as atuais, no sentido de aperfeiçoar e aplicar a modelagem desenvolvida em outras cidades da amazônia;
- Difusão dos conhecimentos gerados com a apresentação dos resultados em simpósios e congressos científicos e organização de *workshop* e cursos extracurriculares; bem como a elaboração de cartilhas educativas e a promoção de eventos com a participação da sociedade civil organizada e dos atores da gestão pública. Importante considerar que, ao final do projeto, espera-se gerar publicações para 2 revistas científicas indexadas e com corpo editorial de QUALIS/CAPES;
- Formação de recursos humanos especializado no tema proposto: a priori, um mestre e dois estudantes no programa de iniciação científica (graduação), e um doutor pela instituição executora;
- Possibilidade de transferência de conhecimento para o poder público a fim de auxiliar à tomada de decisão, tanto no âmbito da gestão municipal (e.g., Secretaria Municipal de Saneamento do município de Belém – SESAN), para elaborar e atualizar os planos municipais de saneamento; quanto no âmbito da gestão estadual (e.g., Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas do estado do Pará – SEDOP), para elaborar e fomentar novos planos e políticas que possam promover o desenvolvimento sustentável dos municípios que compõem as regiões de integração estaduais, pelo que em ambos os âmbitos gerenciais seja possível esperar, por meio de programa e planos de ações de concepção intersetoriais, a melhoria dos indicadores de saneamento e de qualidade de vida de cidades da Amazônia brasileira;
- Estruturação de página web, preliminarmente desenvolvida e acessável pelo link <https://ericolisboa.wixsite.com/pinurb-amazon-cities>, a ser hospedada no site <https://stricto.unama.br/pt-br/conteudo/apresentacao-2> com conteúdo em nível de excelência para estudantes, profissionais e a comunidade em geral, com a veiculação de vídeos didáticos e autoexplicativos sobre o conteúdo do projeto e resultados, incluindo a participação do usuário para reformular a atribuição de pesos dos critérios para priorizar intervenções em canais fluviais abertos.
- Desenvolvimento de plataforma que mapeará e atualizará, de forma periódica, os graus de intervenção em canais fluviais abertos em bacias urbanas de cidades da amazônia brasileira, cuja experimentação será na bacia do Tucunduba (Bacia-Piloto), de modo que serão incluídas outras bacias pertencente a hidrografia da cidade de Belém/PA, efetivando a proposição da ferramenta PINurb.

### 13. PERSPECTIVA DE COLABORAÇÃO INTERNACIONAL

As perspectivas concretas de colaboração internacional durante a execução do projeto incluem reuniões online, participação em missões. Convém referir que, este projeto tem como antecedente a parceria em trabalhos de pesquisa que culminaram na minha tese de doutoramento, e que foi desenvolvida na área de recursos hídricos e saneamento ambiental, com vertente a gestão e planeamento urbana, da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (SHRHA/FEUP).

A este propósito, esta parceria vem sendo desenvolvida através da participação de intercâmbio ao nível de doutorado e doutorado-sanduiche (com estudante do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente Urbano da Universidade da Amazônia, integrante do grupo de pesquisa MURBA). Deste modo, perspectiva ampliar esta colaboração com eventual participação de outros grupos de pesquisa que detêm especialidade nesta área do conhecimento, como o Centro de Investigação do Território, Transporte e Ambiente (CITTA/FEUP), que ainda congrega a Universidade de Coimbra.

### 14. COLABORAÇÕES OU PARCERIAS INTERNACIONAIS ESTABELECIDAS

Importante considerar que para desenvolver este projeto, as colaborações e parcerias estabelecidas com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), iniciaram-se durante a minha realização de doutorado pleno no exterior, desenvolvido na Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA/FEUP) (2013-2019), cujo ponto focal é o meu ex-orientador, Prof. Dr. Manuel Maria Pacheco Figueiredo.

Recentemente esta colaboração e parceria europeia foi fortalecida com as atividades de pesquisa de minha orientanda (Eng<sup>a</sup>. M.Sc. Gabriela Doce Silva Coelho de Souza) no âmbito Edital CAPES/PDSE Nº 044/2022. Ainda que o seu projeto de tese seja transversalmente relacionado a esta proposta, a recente conclusão parcial da sua pesquisa (doutorado-sanduiche) (2023-2024), estreitaram relações entre SHRHA/FEUP e PPDMU/UNAMA/MURBA, incluindo a participação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Monteiro Santos como co-orientadora.

### 15. RELEVÂNCIA DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA APLICAÇÃO DO PROJETO

Considerando que a cooperação internacional com Universidade do Porto, especificamente quanto as atividades desenvolvidas na Secção de Hidráulica, Recursos e Ambiente da Faculdade de Engenharia (SHRHA/FEUP), que vêm rendendo em intercâmbio desde 2013 a 2019, com a própria realização da minha pesquisa de tese de doutorado, mas também com o desenvolvimento parcial da pesquisa de doutorado de minha atual orientanda (doutorado-sanduiche), e ainda com publicações em revistas científicas e em anais de eventos, pode ser consideravelmente ampliada e efetivamente consolidada pela invergurada deste projeto e pelos pesquisadores que deverão ser envolvidos.

Ainda que não se possa refetuar as experiências do SHRHA/FEUP, pelo que existe uma parceria e cooperação estabelecida, a perspectiva de ampliar tal cooperação com Centro de Investigação do Território, Transporte e Ambiente (CITTA/FEUP) apresenta-se como pioneira possibilidade para mútuo aprendizado de particularidades de território e meio ambiente de cidades do bioma amazônico. Assim, é fundamental consubstanciar estas duas experiência de gestão e planeamento urbano e ambiental, com enfoque no saneamento, de renomados grupos de pesquisa europeu, para fortalecer as parcerias e cooperações internacinais do PPDMU/UNAMA/MURBA.

### 16. DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRAESTRUTURA E APOIO TÉCNICO

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, o PPDMU/UNAMA disponibiliza de completo aparato como computadores, licença de software apropriados (e.g., MATLAB®, Visual PROMETHEE®), mesas digitalizadoras,



impressoras à laser e a jato-de-tinta, acesso à internet de alta velocidade, biblioteca, acesso a periódicos nacionais e internacionais, e de espaço específico que abriga estas ferramentas. Da mesma forma que, a instituição executora apresenta espaços confortáveis e uma excelente infraestrutura de auditórios e apoio técnico (som, ambiência, limpeza, administrativo, etc.) para abrigar os *workshops*, cursos e seminários para execução deste projeto.

É neste ambiente que está locado o recém criado o grupo de pesquisa em Modelagem Urbana e Ambiental (MURBA). O MURBA foi delineado para abrigar o desenvolvimento de pesquisas de excelência, focadas na formação de recursos humanos altamente qualificada na Amazônia brasileira, de modo a contribuir para discussões teóricas-metodológicas dedutivas e adaptativas para a gestão e o planejamento urbano e ambiental em cidades da Amazônia brasileira.

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- ALEGRE, H. (2008). Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, Coleção "Teses e Programas de Investigação LNEC", LNEC, Lisboa, ISBN 9789724921341 (385 p.).
- BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. (2005). Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Primeira Edição. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. Porto Alegre, RS. Brasil. 266 pp.
- BARBOSA, M.J. de Souza.(2003). Estudo de caso: Tucunduba: Urbanização do Igarapé Tucunduba, Gestão de Rios Urbanos – Belém/Pará – versão condensada. Maria José de Souza Barbosa (Coord.), Maria Elvira Rocha de Sá, Armando Lírio de Souza, Cleidiane de O. S. dos Santos, Lúcia Pinho dos Santos. Belém: UFPA.
- BARBOSA, F.A.R (2006). Medidas de proteção e controle de inundações Urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
- BELÉM, Prefeitura Municipal de. Plano de desenvolvimento local Riacho Doce e Pantanal. Volume 1: Concepção geral. Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão. Belém, 2001.
- BELTON, V., STEWART, T. (2003). Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- BROWN, R., KEATH, N., WONG, T., (2008). Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States". In: Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK;
- CANHOLI, A.P., (2005). Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de Textos, São Paulo. 304 p.
- CARRIÇO, N. (2014). "Metodologia multicritério de apoio à decisão na gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água". Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa.
- CHEN, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decisionmaking under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, v. 114, n. 1, p. 1-9. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1).
- DEL RIO, V. (1999). Cidade da mente, cidade real: percepção ambiental e revitalização na área portuária do Rio de Janeiro. In: Percepção ambiental: a experiência brasileira. São Carlos: Studio Nobel: UFSCar, p. 3-22;

- HOLZ, J.; TASSI, R. (2007). Usando estruturas de drenagem não convencionais em grandes áreas: o caso do loteamento Monte Bello. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17., São Paulo, SP. Anais... São Paulo.
- JAISWAL, R.K, GHOSH, N.C; LOHANI, A.K, THOMAS, T. (2015). Fuzzy AHP based multicriteria decision support for watershed prioritization. *Water Resour Manag* 29(12):4205–4227. doi: 10.1007/s11269-015-1054-3.
- KONIKOW, L.F., BREDEHOEFT, J.D., (1992). Ground-water models cannot be validated. *Advances in Water Resources* 15 (1): 75-83;
- LARSEN, P. M. (1981). Industrial applications offuzzy logic control. *Fuzzy Reasoning and its Aplications*. London: Academic Press Inc., 335-342. doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(80\)80050-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(80)80050-2).
- LEÃO, M.B.M.S (2013). Remoção e reassentamento em baixadas de Belém: Estudos de caso de planos de reassentamento (1980-2010). 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8614>. Acesso em: 25/06/2022.
- LIRA, T. DE M.; CHAVES, M. DO P. S. R.. (2016). Comunidades ribeirinhas na Amazônia: organização sociocultural e política. *Interações (campo Grande)*, 17(1), 66–76. <https://doi.org/10.20435/1518-70122016107>.
- LISBOA, E.G., BARP, A.R.B., DUARTE, A.A.M., (2012). A cobrança de taxa como alternativa de financiamento para um plano de drenagem urbana no município de Belém/PA. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. V.17, p. 53–67. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.o53-67>.
- LISBOA, E. G.; FIGUEIREDO, M. M. P. ; BARP, A. R. B. ; MONTENEGRO, A.D . (2014). Aplicação de Inferência Estatística como Suporte ao Planejamento Financeiro de Bacias a Partir da Cobrança de uma Taxa de Drenagem. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.19, p. 179-190. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n3.p179-190>.
- LISBOA, E.G; BLANCO, C. J. C; MAIA, R. O. P; BELLO, L. A. L (2017). A stochastic estimation of sediment production in an urban catchment using the USLE model, *Hydrological Sciences Journal*, 62:15, 2571-2586, DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1395031>.
- MAMDANI, E.H., (1974). Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant. *Proceedings of the IEEE (Control and Science)*, V. 121: 298-316. doi: <https://doi.org/10.1049/piee.1974.0328>.
- MARSALEK, J.; ROCHFORD, Q.; SAVIC, D. (2001). Urban water as a part of integrated catchment management. In: MAKSIMOVIC, C.: TEJADA-GUIBERT, J.A. (Ed.). *Frontiers in urban water management*. London: IWA. ch.2, p.37-82.
- MONTEIRO, J.H.R.P. et al. (2001). Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal.
- NASCIMENTO, V; LEÃO, M.B.M.S (2020). Urbanização de Assentamentos Precários: As Intervenções na Bacia do Tucunduba em Belém-PA. In: VI Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (ENANPARO): Limiaridade: processos e práticas em Arquitetura e Urbanismo. Brasília.
- POMPÊO, C. A. (2000). Drenagem Urbana Sustentável. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos*, volume 5, no. 1, pag. 15-23, Porto Alegre, RS.

- REZENDE, O.M. (2018). Análise Quantitativa da Resiliência a Inundações para o Planejamento Urbano: Caso da Bacia do Canal do Mangue no Rio de Janeiro. Tese de Doutorado., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RIAHI, K., R. SCHAEFFER, J. ARANGO, K. CALVIN, C. GUIVARCH, T. HASEGAWA, K. JIANG, E. KRIEGLER, R. MATTHEWS, G.P. PETERS, A. RAO, S. ROBERTSON, A.M. SEBBIT, J. STEINBERGER, M. TAVONI, D.P. VAN VUUREN (2022): Mitigation pathways compatible with long-term goals. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.005
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. (1993). Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas. Paris: Economica.
- SILVA, M. & PEREIRA, S. (2014). Assessment of physical vulnerability and potential losses of buildings due to shallow slides. *Nat. Hazards*, 72(2): 1029–1050.
- SIMON, H. (1963). The Decision-Making Schema, A Reply. *Public Administration Review*, p. 60-63.
- TUCCI, C.E.M (2004). Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. *REGA – Vol. 1, no. 1*, p. 59-73, jan./jun.
- TUCCI, C. E. M. (2007). Inundações Urbanas. Primeira Edição. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). RHAMA. Porto Alegre, RS. Brasil. 393 pp.
- ZADEH, L. (1965). Fuzzy Sets: Information and Control, vol. 8, pp 338-353. doi: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
- ZONSEIN, J; MIGUEZ, M.G; de MAGALHÃES, L.P.C; VALENTIN, M.G and MASCARENHAS F.C.B. (2008). Flood Risk Index as an Urban Management Tool. 11<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK;
- ZUFFO, A.C. (2010). Análise multicriterial ao planejamento de recursos hídricos: Uma metodologia fuzzy para o enfoque ambiental. Tese de Livre-Docência – Campinas: UNICAMP.