



**Investigação de Potenciais de Constituição de Paisagens
Funcionais na Área de Expansão de Belém**
*Investigation into the Potential for Creating Functional Landscapes
in the Expansion Area of Belém*
*Investigación del Potencial de Constitución de Paisajes Funcionales
en el Área de Expansión de Belém*

ALVES, Sâmyla Eduarda Moreira Blois¹
CARDOSO, Ana Cláudia Duarte²
MOURA, Newton Célio Becker de³
CARVALHO, Tainah Frota⁴
LIMA, Giuliana Cira Cardoso Morais⁵
COSTA, Victor Silva da⁶

¹Universidade Federal do Pará; Instituto de Tecnologia; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Belém, Pará, Brasil
samylaeduarda@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-0118-5866

²Universidade Federal do Pará; Instituto de Tecnologia; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Belém, Pará, Brasil
aclaudiacardoso@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1866-453X

³Universidade Federal do Ceará; Centro de Tecnologia; Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design,
Fortaleza, Ceará, Brasil
newtonbecker@ufc.br
ORCID: 0000-0003-0541-2680

⁴Universidade Federal do Ceará; Centro de Tecnologia; Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design,
Fortaleza, Ceará, Brasil
tainahcarvalhoarq@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5497-9304

⁵Universidade Federal do Pará; Instituto de Tecnologia; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Belém, Pará, Brasil
giulianalima0@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8307-6382

⁶Universidade Federal do Ceará; Centro de Tecnologia; Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design,
Fortaleza, Ceará, Brasil
victorcosta@arquitetura.ufc.br
ORCID: 0009-0002-8448-3371

Recebido em 28/02/2023. Aceito em 22/08/2023



Resumo

A estruturação do espaço da cidade capitalista negligencia a condição das cidades de ecossistemas complexos. Esta foi a lógica seguida na formação da Região Metropolitana de Belém, em todos os momentos que o investimento em infraestrutura omitiu os processos ambientais, aspectos climáticos e a diversidade social da Amazônia, priorizando o adensamento construtivo e a redução da cobertura vegetal no centro e na área de expansão da cidade. Esta pesquisa propôs-se identificar os potenciais para criação de uma paisagem funcional na área de expansão de Belém, tomando a Bacia hidrográfica do Mata-Fome como um piloto para a realidade da periferia metropolitana (RMB). Geoprocessamento, cálculos matemáticos e modelagem 3D foram os recursos usados para demonstrar a viabilidade de associação de soluções baseadas na natureza (infraestrutura verde) à infraestrutura convencional, de modo a preservar usos e características culturais da paisagem, já adaptada aos alagamentos sazonais, e reduzir custos e impactos ecológicos. Conclui-se que é possível manter áreas vegetadas e permeáveis, com potencial socioambiental, paisagístico e econômico, e também contribuir para o enfrentamento das mudanças climáticas nas cidades amazônicas.

Palavras-Chave: Meio Ambiente Urbano; Mudança Climática; Infraestrutura Urbana; Geometria e Modelagem Computacional; Planejamento Territorial Urbano; Drenagem Urbana.

Abstract

The structuring of space in the capitalist city neglects the condition of cities as complex ecosystems. This was the logic followed by the formation of the Metropolitan Region of Belém (MRB), when all the investments in infrastructure consistently omitted environmental processes, climatic aspects and the social diversity of the Amazon, and prioritized constructive densification and a reduction of the vegetation cover both in the center and in the expansion area of the city. This research has aimed to identify the potential for creating a functional landscape in the expansion area of Belém, taking the Mata-Fome watershed as a pilot for the reality of the metropolitan periphery. Geoprocessing, mathematical calculations and 3D modeling were the resources used to demonstrate the feasibility of associating nature-based solutions (green infrastructures) with conventional infrastructure, in order to preserve the uses and cultural characteristics of the landscape, already adapted to seasonal flooding, and to reduce costs and ecological impacts. The conclusion is that it is possible to maintain vegetation and permeable areas, with socio-environmental, landscaping and economic potential, and also to help confront climate change in Amazonian cities.

Key-Words: Urban environment; Climate change; Urban Infrastructure; Geometry and Computational Modeling; Urban Territorial Planning; Urban Drainage.

Resumen

La estructuración del espacio urbano capitalista descuida la condición de las ciudades como ecosistemas complejos. Esta fue la lógica seguida en la formación de la Región Metropolitana de Belém siempre que la inversión en infraestructura omitiera los procesos ambientales, los aspectos climáticos y la diversidad social de la Amazonia, priorizando la densificación de la construcción y la reducción de la cobertura vegetal en el centro y en el área de expansión de la ciudad. Esta investigación se propuso identificar las potencialidades para la creación de un paisaje funcional en el área de expansión de Belém, tomando la cuenca hidrográfica de Mata-Fome como piloto para la realidad de la periferia metropolitana (RMB). El geoprocésamiento, los cálculos matemáticos y la modelización en 3D fueron los recursos utilizados para demostrar la viabilidad de asociar soluciones basadas en la naturaleza (infraestructuras verdes) a las infraestructuras convencionales, a fin de preservar los usos culturales y las características del paisaje, ya adaptado a las inundaciones estacionales, y reducir los costes y los impactos ecológicos. Se concluye que es posible mantener áreas vegetadas y permeables, con potencial socioambiental, paisajístico y económico, y también contribuir a enfrentar el cambio climático en las ciudades amazónicas.

Palabras clave: Medio Ambiente Urbano; Cambio Climático; Infraestructuras Urbanas; Geometría y Modelización Computacional; Ordenación del Territorio Urbano; Drenaje Urbano.



1. Introdução

A cidade capitalista é pautada pelas diversas pressões e correlações de forças criadas pelos agentes produtores do espaço urbano (CORREA, 1995) e modelada de acordo com os valores e prioridades das classes dominantes. Não por acaso, o investimento de agentes públicos e privados em gestão e infraestrutura urbana segue as demandas desses grupos. Sob a égide capitalista, as interferências tecnicistas nas paisagens naturais inseridas nas cidades também se tornam mais intensas, enquanto pouca atenção é dada às relações socioambientais; isto interfere diretamente nas relações sociais que envolvem grupos marginalizados nas cidades, tornando-as ambientalmente menos justas (DIEP, 2022).

Desde a segunda metade do século XX, os conteúdos da ecologia urbana¹ têm sido apontados como indispensáveis para a compreensão da complexidade do ecossistema urbano e suas relações de causa e efeito (SPIRN, 1995; MCHARG, 1971). Entretanto, o mais comum é que as soluções industriais de infraestrutura e saneamento e o processo de provisão dessa infraestrutura das cidades negligenciem os recursos, as paisagens naturais e as demandas sociais (BONZI, 2015), isto porque provocam intensa impermeabilização dos solos, ocupação massiva de bacias e desmatamento da massa verde (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011), diminuindo a capacidade de infiltração e armazenamento das águas pluviais, aumentando o escoamento superficial e tornando as cidades espaços vulneráveis às mudanças do clima (BONZI, 2015).

No modo como a produção social do espaço acontece no capitalismo periférico, a paisagem natural costuma ser inserida na gestão e infraestrutura tradicional como bem ou serviço, os quais atendem às urgências de agentes urbanos sem considerar aspectos sociais e culturais. A gestão é baseada na hipótese de reversibilidade dos danos negativos a esse ambiente natural, mas de fato amplia condições de risco e vulnerabilidade de um grande contingente populacional (SOUZA, 2016; MIRANDA, 2020).

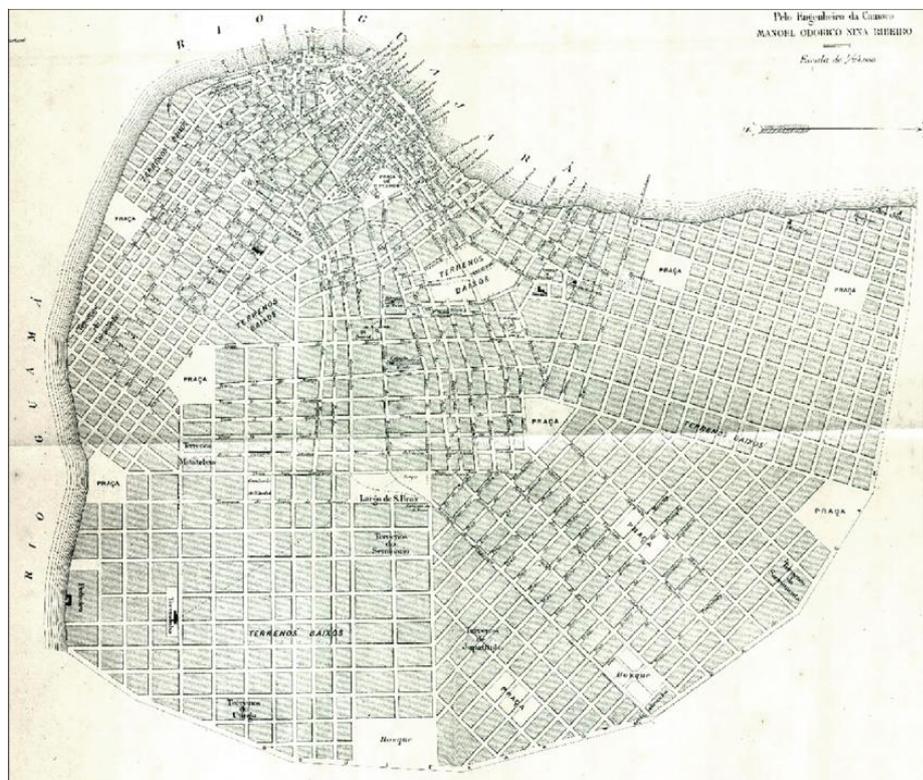
Em Belém, o impacto desse tipo de gestão pode ser melhor compreendido a partir da formação histórica e socioespacial da cidade. A expansão da urbe foi modulada por ciclos econômicos e pelos fluxos migratórios (BECKER, 2018). Durante o período de “boom” da borracha (1850-1920), houve investimento em intervenções de ordenamento urbano orientadas pelo Plano de Expansão de Belém de Nina Ribeiro (ver Figura 01), influenciado por visões eurocêntricas e higienistas que atendiam às demandas da elite da borracha. Este plano promoveu infraestrutura urbana apenas nas partes mais altas da 1ª légua patrimonial da cidade, evitando a estruturação de áreas de cotas baixas, comuns da várzea amazônica, identificadas como baixadas (MOREIRA, 1989). Assim, o plano negligenciava os cursos d’água e as especificidades amazônicas do sítio, seguindo a concepção de que a natureza pode ser dominada por meio de projetos que permitam o controle ou eliminação dos elementos da paisagem (MIRANDA, 2020).

A partir dos anos de 1960, o interesse capitalista se impôs à ordem social na cidade por meio da implantação de projetos federais de conexão rodoviária, da abertura da região para o mercado nacional e global, e do estabelecimento da concorrência entre dinâmicas locais e nacionais (CARDOSO et al., 2015). Em seguida, o Programa de Integração Nacional (PIN) ampliou o processo de industrialização do centro-sul brasileiro, e integrou a Amazônia ao mercado nacional. A região recebeu migrantes de outras partes do país, atraídos pela reforma agrária e exploração de recursos naturais e em 1973, a Região Metropolitana de Belém foi criada para reproduzir o projeto nacional de conurbação,

¹ Campo que organiza diferentes aspectos da natureza para compreender as dinâmicas e relações do espaço urbano com os recursos naturais.

e romper com a economia da floresta que a sustentou como metrópole regional (ou cidade primaz) até então (BECKER, 2018; CARDOSO et al., 2015).

Figura 01: Planta de Belém com plano de expansão de Nina Ribeiro para a Primeira Léguas Patrimonial da cidade.



Fonte: Muniz (1904).

O padrão brasileiro de expansão urbana, induzido pelas atividades industriais seguindo experiências do centro sul do país (TONUCCI FILHO et al., 2015), também guiou a expansão urbana metropolitana no caso amazônico, cujo processo se ligou ao crescimento econômico e exploração da paisagem natural por considerarem os recursos naturais infinitos (BECKER, 2007). Já na década de 1980, o processo de reestruturação produtiva do campo e a ampliação dos conflitos agrários intensificaram o êxodo para as periferias e baixadas da cidade (CARDOSO et al., 2015).

Em paralelo, a ocupação da área de expansão de Belém (segunda léguas patrimonial) teve sua modelagem social e física intensificada a partir do final da década de 1960 (SOUZA, 2016; CORREA, 2016), após a conversão de glebas rurais externas aos limites da primeira léguas patrimonial em áreas institucionais. Já a partir dos anos de 1980, houve alternância entre agentes públicos e privados na produção das tipologias habitacionais (os conjuntos habitacionais foram cercados por loteamentos informais, e os condomínios e loteamentos privados ocuparam os vazios reservados no eixo da Avenida Augusto Montenegro) (CARDOSO et al., 2016). Esse processo foi combinado com a livre implantação de empreendimentos de comércio e serviço de médio e grande porte, além de grandes usos institucionais ao longo da mesma avenida, o que expõe a fragilidade da gestão no controle do uso e ocupação do solo (SOUZA, 2016).

A ocupação intensa e rápida da área de expansão de Belém aglutinou diferentes perfis socioeconômicos, os quais produziram padrões e tipologias espaciais diversas, caracterizados pela rápida conversão de uso de terra e adensamento improvisado da mancha urbana. Entretanto, os espaços públicos, o sistema de mobilidade e a infraestrutura urbana se mantiveram deficitários e não

compatíveis com a demanda local (CARDOSO et al., 2016). Apesar disso, a área ainda apresenta ocorrências de agricultura urbana e uma quantidade de cobertura vegetal significativamente maior que a da área central - a Primeira Léguas Patrimonial - assim como uma mancha urbana relativamente menos densa (MIRANDA, 2020), além de maior ocorrência de rios vivos (não canalizados e que mantêm vida nas águas) e movimentação de relevo. Contudo, a ocupação inadequada de bacias hidrográficas e os projetos de drenagem urbana, que mantêm a mesma lógica do plano de Nina Ribeiro, fazem pressão sobre esses elementos.

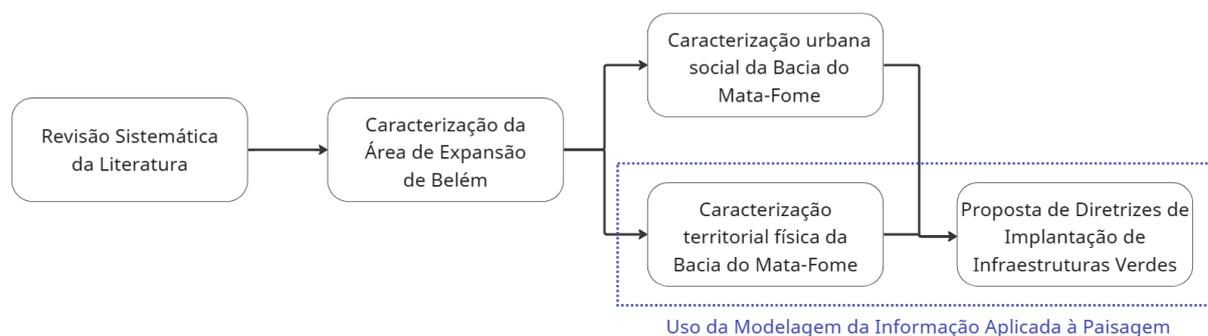
Como resultado desse padrão de expansão, pode-se observar: redução da massa vegetal, impermeabilização de solos e supressão de vazios, canalização e estrangulamento dos cursos d'água e modificação de padrões hídricos, completa desconsideração das características do clima e pluviosidade amazônica e deslocamento da população para áreas marginalizadas e adensadas, sem acesso à infraestrutura urbana e ao saneamento básico adequado. A ocupação e a expansão da cidade não incorporaram conhecimentos do campo da ecologia urbana, e riscos ambientais foram social e politicamente construídos nas baixadas e áreas marginalizadas de Belém (MIRANDA, 2020).

A partir do exposto, esse artigo tem como objetivo identificar os potenciais para criação de uma paisagem funcional em área periférica sujeita a alagamentos, tendo em vista o enfrentamento de mudanças climáticas na área de expansão de Belém. Trata-se de estudo de caso para a Bacia hidrográfica do Mata-Fome, apoiado em recursos matemáticos e de modelagem 3D, e que espera demonstrar a viabilidade de provisão de soluções de infraestrutura verde associada à infraestrutura convencional, de modo a consolidar a ocupação e preservar usos e características culturais da paisagem, já acostumada aos alagamentos sazonais, reduzindo custos e impactos ecológicos.

2. Metodologia

Para atender tais objetivos, a pesquisa tomou o seguinte percurso metodológico: a) revisão de literatura em busca de repertório para implementação de infraestrutura verde; b) caracterização multiescalar de ciclos naturais e processos físicos, bióticos e culturais da área de expansão; c) caracterização urbana da bacia do Mata-Fome de padrões predominantes do tecido urbano e de perfis socioculturais (produção pelo mercado, produção informal, espaços de resistência); d) caracterização territorial da bacia do Mata-Fome com o apoio de imagens de satélite do Google Earth, de dados censitários e de mapas temáticos gerados via modelagem nos *softwares* Rhinoceros 3D e QGIS; e) diretrizes de implantação para infraestrutura verde em vazios urbanos (verde viário, quintais, jardins, praças, parques, várzeas e matas ciliares) com o auxílio de análises paramétricas geradas no Rhinoceros 3D (Figura 02).

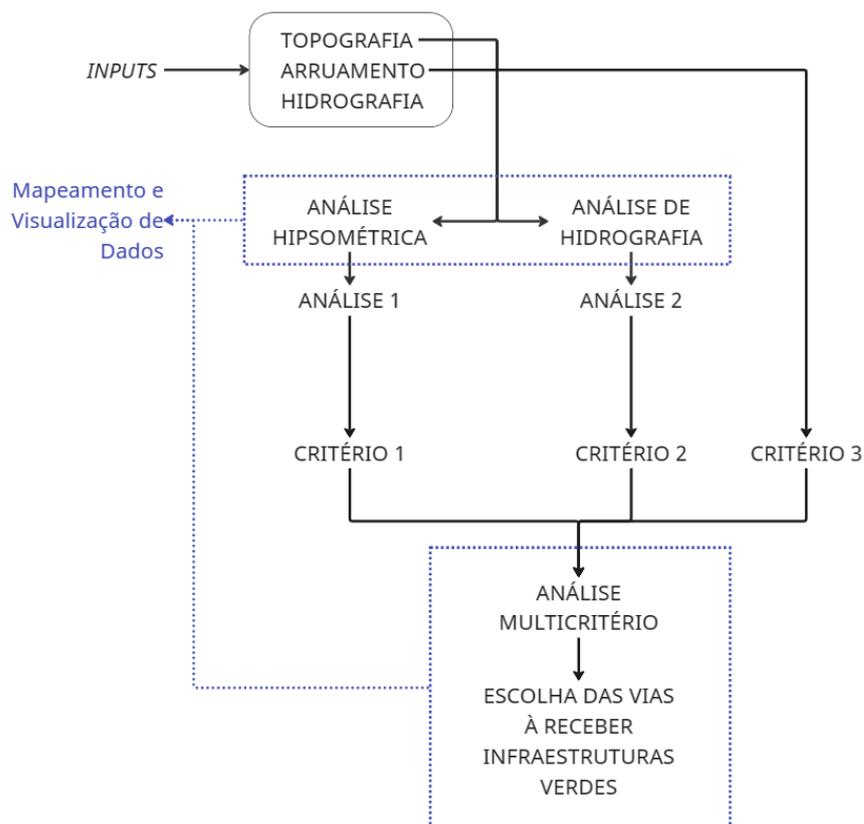
Figura 02: Ilustração da metodologia de pesquisa.



A modelagem usou um algoritmo de design informacional (Figura 03): a Modelagem da Informação Aplicada à Paisagem (LIM), uma ferramenta de *design* inteligente que visa trazer

automatização para modelagem de paisagem e planejamento urbano (AHAMAD *et al.*, 2012; CARVALHO, 2020), por meio da interoperabilidade entre o programa Rhinoceros, um modelador 3D completo, e seu *plugin*, o Grasshopper, o qual produz a interface de programação visual e facilita a compreensão dos resultados (SOUSA, 2018).

Figura 03: Estrutura do algoritmo.



3. A Ecologia Urbana e a Infraestrutura Verde como Estratégia de Enfrentamento das Mudanças Climáticas: cenários e desafios para Belém

O sistema de drenagem urbana convencional foca na redução do risco de enchentes e redução dos riscos e prejuízos causados por inundações (TUCCI, 2012; PORTO *et al.*, 2012), e também aplica medidas estruturais que modificam a precipitação e vazão das bacias hidrográficas ou os próprios rios (TUCCI, 2012). Tais modificações preveem o direcionamento do volume de água da chuva para a foz de forma rápida, com foco no problema de escoamento local, realizando apenas uma transferência da adversidade e impactando as áreas à jusante, sem tratar a bacia como um sistema (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011). Essas medidas, além de caras, são rígidas e predispõem à conversão da paisagem natural, contribuindo com o processo de urbanização. À medida em que há a remoção da cobertura vegetal, aumento da impermeabilização e canalização das planícies, um maior volume de chuva escoou mais rápido, carregando sedimentos e se acumulando nas áreas mais baixas (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011).

Desde os anos de 1970, houve difusão de debates e estudos sobre os impactos da ação antrópica sob os ambientes, resultando em regulamentações ambientais como o *Best Management Practices* (BMP, do inglês “Melhores Práticas de Gestão das Águas Pluviais”) de 1973. A partir disso, foram propostas técnicas de manejo baseadas na natureza como alternativas aos sistemas de drenagem



convencionais. Contudo, apenas em 1987 o conceito de "sustentabilidade" ganhou força no Relatório Brundtland, intitulado *Our Common Future* ("Nosso Futuro Comum"), promovendo a discussão e consolidando os conceitos de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável nas pautas ambientais.

Atualmente, o relatório AR6 de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) reconhece que as atividades antrópicas estão potencializando os efeitos negativos das mudanças climáticas e desencadeando não somente eventos climáticos extremos, mas também mudanças significativas na estrutura dos ecossistemas globais. O relatório aponta que o aumento de temperatura global em 1,5°C é irreversível, e que há urgência de mudança no modo de produção em diversos setores, para mitigação dos riscos causados pelas mudanças climáticas. Também observa que, em diferentes regiões, as populações e sistemas mais vulneráveis são desproporcionalmente afetados pelas mudanças climáticas, mais sujeitos à insegurança hídrica e alimentar delas decorrentes.

Os efeitos negativos das mudanças extremas no clima e a ocorrência de eventos climáticos intensos já são apontados desde a segunda metade do século XX (IPCC AR6, 2022), período de consolidação do modo de vida urbano na cidade racionalista e industrial (CAPEL, 2002), também época em que, na Amazônia, o Plano de Integração Nacional provocava mudanças definitivas no uso do solo e na gênese e expansão das manchas urbanas, especialmente no Pará (MORAES *et al.*, 2022), e que, somadas à expansão agrícola e agropecuária e ao desmatamento, já ocasionavam mudanças no clima regional.

Se tais mudanças climáticas causavam impactos na saúde humana, nos meios de subsistência e nas infraestruturas urbanas (IPCC, 2022), no cenário de emergência climática atual, passam a abranger também a perda da biodiversidade dos ecossistemas, fator determinante de resiliência. Artaxo (2020) lembra que a perda dos recursos naturais afeta regiões inteiras, assim como o clima e microclima locais, e que isso deve ser levado em conta no enfrentamento dos efeitos da crise climática.

Uma análise da evolução de dados do clima para um período de 35 anos para a Região Metropolitana de Belém, período em que mais de 551,73 km² foram antropizados, revelou que as mudanças no uso da terra mudaram o microclima da área metropolitana (MORAES *et al.*, 2022). Em Belém, entre os anos de 1985 e 2020, houve variação na precipitação anual, variação na amplitude térmica em torno de 10°C, e um incremento na temperatura máxima de 1°C (MORAES *et al.*, 2022). Isso gera uma tendência de intensificação de ameaças de eventos meteorológicos no cenário ambiental da RMB, com destaque para a intensificação da precipitação entre 2011-2020 (MORAES *et al.*, 2022).

Se os riscos associados às mudanças climáticas afetam a população desigualmente, dado que a população pobre, moradora de periferia e baixadas possui menos recursos e infraestrutura que a classe dominante para enfrentar os eventos climáticos, este processo constitui opressão e injustiça ambiental, dada a distribuição desigual do poder de uso dos recursos da terra e da natureza (ACSELRAD, 2002). Assim, demanda compreensão sobre a forma como a RMB tem sido afetada pelas mudanças climáticas, seguida da identificação dos cenários possíveis para redução de tais impactos nas diferentes vivências da população na cidade.

Fenômenos como a alteração no ciclo hidrológico, que abrangem intensificação de chuvas e de secas e variações térmicas e aquecimentos de microclima (MARENGO & SOUZA, 2018), são a tendência para a cidade Amazônica. Não obstante, o AR6 indica que eventos climáticos e não climáticos (como mudanças de temperatura e mudança no uso de terra) na Amazônia resultarão em perdas irreversíveis e severas de serviços ecossistêmicos e biodiversidade, caso haja um aumento da temperatura global de 2°C, cenário provável se o aumento de temperatura não for limitado a 1,5°C nos



próximos 10 anos (IPCC 2022), não houver redução da emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa) e aumento da captura de CO₂ (AR6 IPCC 2022).

O aumento de temperatura global não interfere somente na dinâmica meteorológica, mas também na dinâmica das marés, com previsão de aumento médio do nível do mar até 2050 de 15 a 30 centímetros, o que pode provocar aumento das manchas de alagamento e enchentes nas cidades, que terão riscos potencializados pela falta de cobertura vegetal e aumento da área impermeabilizada. Nesse sentido, os efeitos das mudanças climáticas no espaço urbano demandam mais do que a infraestrutura convencional existente é capaz de oferecer, seja pelo custo elevado, seja pela falta de flexibilidade diante das demandas socioambientais. A situação se agrava em áreas marginalizadas, onde a infraestrutura urbana é mínima ou inexistente, e sua implementação tende a negligenciar as características sociais e ambientais, uma vez que esta população não detém controle sobre o processo de provisão de infraestrutura próprio da urbanização (VILLAÇA, 1998; HARVEY, 2014).

Nesse ponto, as propostas de mitigação, adaptação e resiliência urbana para as cidades posicionam as SbN e Infraestruturas Verdes como alternativas para recuperação da paisagem natural e dos rios inseridos nas cidades. A composição de paisagens multifuncionais corroboram com a absorção dos alagamentos ou o enfrentamento de eventos climáticos extremos, por isso, embora o AR6 classifique o impacto das mudanças climáticas na estrutura dos ecossistemas terrestres, aquáticos ou de várzea na América Latina como altos ou muito altos, recomenda-se que as cidades da região invistam em sistemas de infraestrutura verde, serviços ecossistêmicos e uso de terra sustentável aliados ao planejamento urbano e gestão sustentável das águas urbanas, por sua vez voltados para adaptação e respostas às mudanças climáticas.

3.1 Formação (e provisão de infraestrutura urbana) da Área de Expansão de Belém

Até a década de 1960, a área continental do município de Belém, que extrapola a Primeira Léguas Patrimonial, contava com uso rural e ocupação por tipologias espaciais destinadas à produção de alimentos, segunda moradia e socialização e lazer (SANTOS & CARDOSO, 2015). Entretanto, a estratégia nacional de expansão das fronteiras estabelecida pelo PIN nos anos de 1970 resultou em um fluxo migratório que levou ao inchaço populacional da Primeira Léguas de Belém por um lado e, por outro, na expansão urbana por meio dos programas habitacionais financiados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) e executados pela Companhia de Habitação do Pará (COHAB). A expansão da cidade para além do cinturão institucional, em direção da 2ª léguas patrimonial, foi justificada na necessidade de redução do déficit habitacional (SOUZA, 2016). A ocupação imobiliária desse espaço foi orientada por um ramal da antiga ferrovia Belém - Bragança, o qual foi substituído pela atual Avenida Augusto Montenegro, em uma formação viária com estrutura “espinha de peixe” (CARDOSO *et al.*, 2016).

A provisão da infraestrutura dos primeiros conjuntos habitacionais promoveu a valorização de terras reservadas, com grande estímulo à construção civil em paralelo à disseminação de ocupações informais e loteamentos clandestinos também atraídos pelas novas dinâmicas (SOUZA, 2016). Os assentamentos irregulares surgiam próximo aos conjuntos habitacionais para usufruir da infraestrutura construída para os últimos (SOUZA, 2016; LIMA, 2002), e a provisão limitada de redes técnicas lançava efluentes nos corpos d’água existentes (CARDOSO, MIRANDA, 2018). A partir da década de 1990, os condomínios fechados passaram a ocupar as margens da Avenida Augusto Montenegro para atendimento das demandas da classe média-alta. Estes foram apresentados à população como uma alternativa à verticalização do Centro de Belém (SOUZA, 2016), e mantiveram as mesmas práticas de lançamento de efluentes em cursos d’água dos conjuntos habitacionais (CARDOSO, MIRANDA, 2018).



Ocupações com diferentes padrões socioeconômicos foram sobrepostas naquele espaço. Não só o mercado imobiliário aproveitou as mudanças, como também o setor de comércios e serviços, para atender às novas necessidades da classe dominante fixada fora do centro da cidade. A partir de 2010, a criação de nova centralidade metropolitana motivou um movimento chamado “Nova Belém”, que consistia no planejamento da implantação de condomínios horizontais e verticais, *shopping centers*, torres comerciais de médio e grande porte, supermercados de médio e grande porte etc. em paralelo a forte discurso publicitário (CARDOSO *et al.*, 2016).

Mas a produção da área de expansão contou com a ação de três agentes: o Estado, o Capital e a população excluída, com suas estratégias próprias de ocupação (SOUZA, 2016). Mesmo após toda esta transformação, não houve provisão de espaços públicos, investimentos em infraestrutura urbana ou consolidação de uma estrutura viária mais eficiente (CARDOSO *et al.*, 2016). Havia uma desarticulação entre a escala humana e as tipologias adotadas pelos novos usos, enquanto a qualidade urbanística dependia de padrões socioeconômicos da população, resultando em diferentes arranjos espaciais e formas de acessibilidade (SANTOS & CARDOSO, 2015).

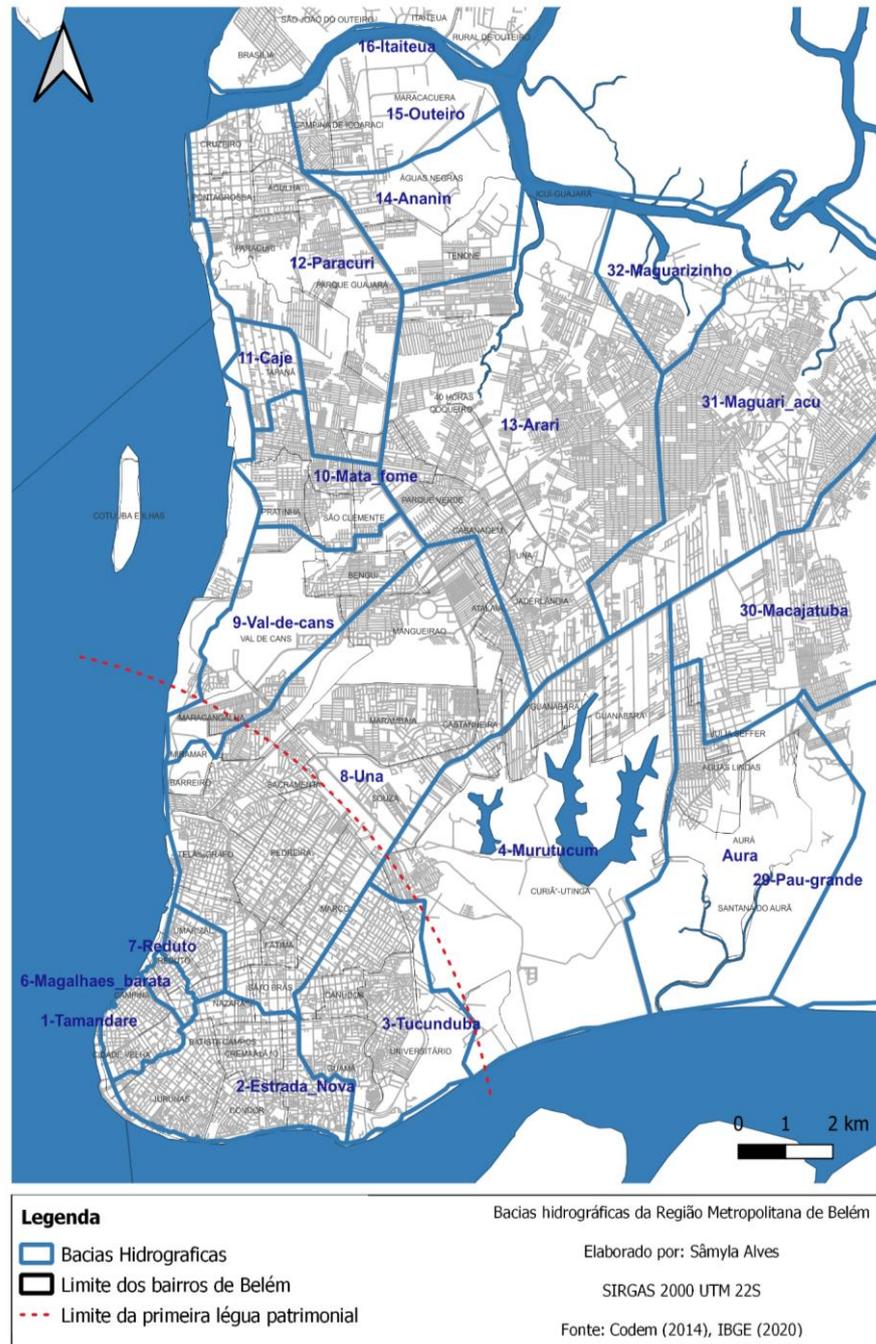
Uma entrevista com técnicos da administração municipal revelou que as ações de provisão de infraestrutura e saneamento, além de serem desintegradas, dependem das decisões do órgão com mais poder político e recurso financeiro disponível naquele momento. Por falta de uma agenda de ação clara, as demandas são atendidas sem planejamento sistêmico. No cotidiano, as intervenções são projetadas de modo setorial, sem atenção ao impacto ecológico, ambiental, social e urbano.

Neste contexto, a área de expansão não recebeu infraestrutura de drenagem, manejo das águas pluviais e proteção das áreas naturais, suficientes e adequadas, aumentando o impacto da redução da cobertura vegetal. Miranda (2020) detectou a tendência de repetição da supressão de vegetação e impermeabilização do solo ocorrida no centro de Belém — com perda 16,7% de área vegetada entre os anos de 1999 e 2018. A redução da permeabilidade do solo aumentou a ocorrência de alagamentos e enchentes em diversos bairros. O adensamento construtivo e a extensão da malha viária se sobrepujaram ao gerenciamento das áreas verdes existentes, e não há nenhuma prioridade para o acesso da população aos rios e às massas vegetais, mesmo quando estas contam com alguma proteção (CARDOSO *et al.*, 2016). Tal fato é um contrassenso em uma região como a Amazônia, onde as pessoas historicamente dependem da biodiversidade para seu sustento.

A literatura recomenda que o planejamento da ocupação na cidade tome a bacia hidrográfica como unidade para promover convergência urbanística e ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2007; CARNEIRO & MIGUEZ, 2011; MAGALHÃES, 2013; PESSOA & FAÇANHA, 2015). Para tanto, há necessidade de delimitação de sub-bacias, dentro das bacias formalmente reconhecidas e localizadas na área de expansão (ver Figura 04), que são: bacia do Una, bacia de Val-de-Cães, bacia do Mata-Fome, bacia do Cajé, bacia do Ariri, bacia do Paracuri e bacia do Anani.

A urbanização das bacias hidrográficas da Segunda Léguas Patrimonial foi incremental e desarticulada, dada a complexidade do seu meio natural, por isso houve ênfase nas práticas tradicionais de microdrenagem, definidas pela rede primária de dutos (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011). Apesar da provisão de infraestrutura para os conjuntos habitacionais e loteamentos privados, a implantação da microdrenagem e pavimentação viária adjacente foi limitada, e os interstícios entre os conjuntos foram ocupados informalmente, sem apoio público ou atendimento de legislação.

Figura 04: Mapa de localização das bacias hidrográficas do município de Belém.



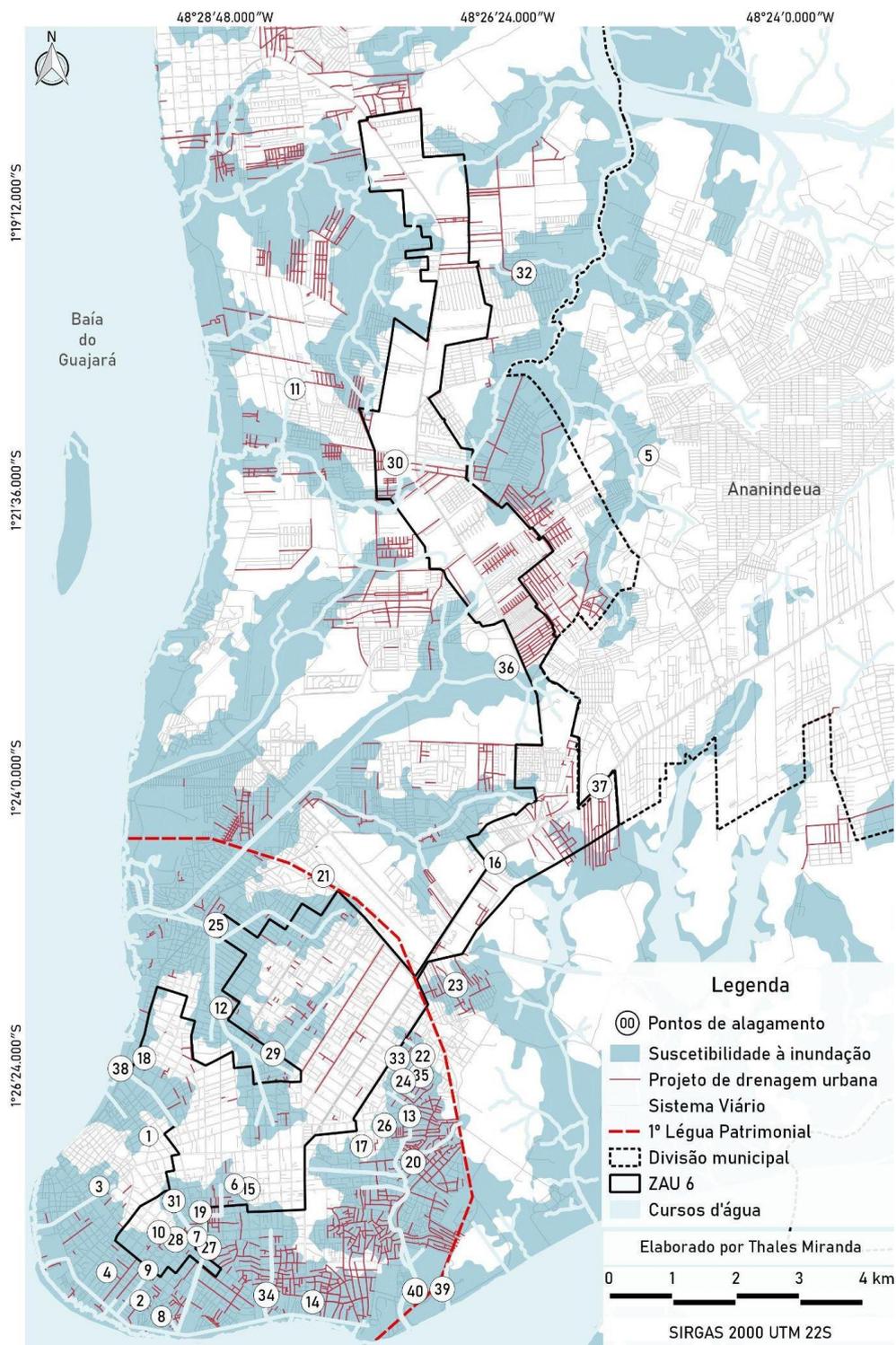
Fonte: Codem (2014), IBGE (2020).

As bacias hidrográficas da área de expansão de Belém também possuem alta densidade populacional. As bacias do Paracuri e Mata-fome são as bacias mais densamente ocupadas, dentre as localizadas integralmente na área de expansão, e são majoritariamente ocupadas por assentamentos precários quanto ao acesso à infraestrutura (PEREIRA, 2008).

Observa-se que, em Belém, a inundação é agravada pelo regime das marés, e os alagamentos são consequência de uma rede de drenagem deficitária, insuficiente e inadequada incapaz de suportar o volume de água a ser escoado, tanto no centro como na periferia (MIRANDA, 2020). A Figura 05

apresenta as manchas de alagamento da cidade de Miranda (2020). Com a sinalização das áreas atendidas por rede de drenagem, as inundações extrapolam as várzeas (baixadas) e inundam áreas de terra firme, mas são mais rigorosas nas áreas de menor infraestrutura e maior concentração de pessoas pobres.

Figura 05: Carta de suscetibilidade à inundação para o território de Belém com pontos de alagamento para març  de 2020.



Fonte: Miranda (2020)

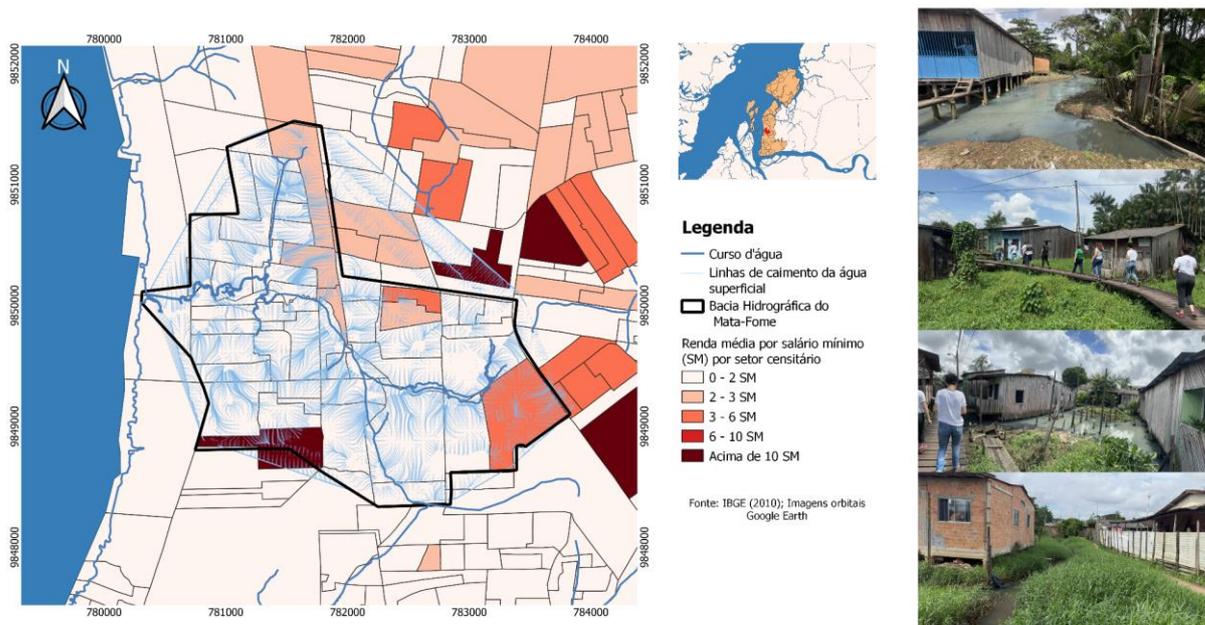
Neste contexto, é evidente que as soluções de infraestrutura e, especialmente, de saneamento devem ser planejadas de forma a integrar os processos sociais e ambientais, principalmente no que diz respeito aos rios urbanos. As infraestruturas convencionais tanto não são eficientes e adequadas, como contribuem para o reforço das desigualdades socioambientais observadas na área, sob a perspectiva de mudanças climáticas e resiliência urbana. As soluções integradas, que valorizam as potencialidades da paisagem natural, a relação das pessoas com essa paisagem e a cultura habitacional das mesmas, são mais adequadas para a gestão dos rios em contexto urbano, e há urgência em devolver ao solo a capacidade de infiltração de água por meio de tecnologias baseadas na natureza (NEU, 2022).

3.2 Caracterização da Bacia do Mata-Fome

A Bacia do Mata-Fome teve ocupação típica da área de expansão da RMB. Inclusive, o seu nome remete às primeiras ocupações ribeirinhas que utilizavam as águas como fonte de alimento (SILVA & LUZ, 2016). Tratava-se de uma área de floresta que foi reduzida pelo avanço da ocupação informal e consolidação do bairro popular.

A bacia é delimitada a oeste pela Baía de Guajará e faz fronteira com as bacias do Cajé, ao norte, Val-de-Cans, ao sul, e do Maguari, ao leste. Possui uma área de aproximadamente 6,6 km² e conta com população de 66.418 habitantes, por ocasião do censo do IBGE (2010). É composta por 5 canais fluviais, dos quais destaca-se o “canal” principal, de mesmo nome da bacia (Canal, e não mais rio, Mata-Fome) com nascente próxima à Avenida Augusto Montenegro e fluxo de águas no sentido Leste-Oeste, em direção à Baía de Guajará, dois canais ao norte fluem em sentido norte-sul e deságuam no canal principal, e dois canais ao sul, cujas nascentes estão localizadas em áreas institucionais, deságuam nas águas da Baía de Guajará (SILVA & RODRIGUES, 2019). O perfil socioeconômico da área é majoritariamente de famílias pobres (com renda de até 2 salários-mínimos), seguido por perfis socioeconômicos variados de conjuntos habitacionais e empreendimentos privados na área (Figura 06).

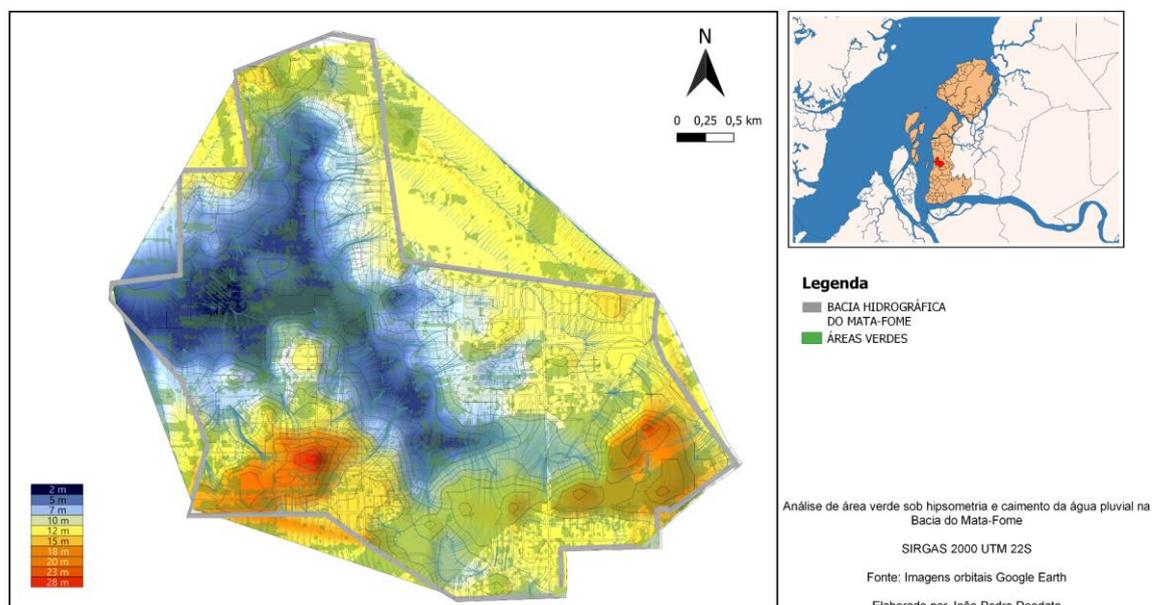
Figura 06: Carta de suscetibilidade à inundação para o território de Belém com pontos de alagamento para março de 2020 e registros da ocupação atual da várzea por palafitas e estivas.



Fonte: IBGE (2010) e Modelagem de caimento das águas no programa Rhinoceros 3D (2022). Fotografias (2023).

Na área, existem diferentes tipologias de ocupação do solo: palafitas, construções sobre pilotis, e casas de alvenaria. Quanto ao uso, além das habitações individuais, existem usos de serviço e comércio de médio porte e loteamentos habitacionais. Silva e Rodrigues (2019) identificaram que entre os anos de 2006 e 2018, houve uma redução no índice de cobertura vegetal de 13% na Bacia do Mata-Fome. Os autores apontaram que, embora existam grandes manchas verdes na bacia, a qualidade ambiental oscila entre média e baixa, porque essas áreas são inacessíveis e insuficientes à população. As áreas verdes e permeáveis existentes estão concentradas nas áreas institucionais, e as áreas de cota altimétrica mais baixas estão impermeabilizadas (Figura 07). Segundo Carmona (2010), há ausência de mata ciliar nas áreas próximas às margens do igarapé Mata-Fome, em decorrência da ocupação das planícies de inundação e áreas de várzea, o que promove erosão e assoreamento em toda a margem.

Figura 07: Análise de área verde e caimento das águas pluviais sob hipsometria na Bacia do Mata-Fome.



Atualmente, o fluxo do escoamento das águas pluviais na bacia, realizado por microdrenagem, sai das áreas de cota altimétricas mais altas em direção às cotas mais baixas (Figura 07). Esse movimento é natural, mas está prejudicado pela insuficiência de áreas vegetadas e permeáveis nas áreas mais baixas, o que potencializa os efeitos negativos de eventos climáticos e gera risco para os moradores. Em consequência da falta de investimentos em infraestrutura, solo, rios e o igarapé Mata-Fome encontram-se poluídos por lançamento de lixo e esgoto domésticos e da existência de poços artesianos sem proteção sanitária. A situação é agravada pela falta de coleta de lixo, que polui os rios e obstrui o fluxo das águas pluviais, ampliando as áreas de inundação naturais (CARMONA et al., 2010). Como consequência, 70% dos atendimentos nos postos de saúde têm diagnósticos de doenças associadas à falta de saneamento básico e ingestão de água contaminada imprópria para o consumo humano (CARMONA et al., 2010).

Miranda (2020) demonstra que as desigualdades socioambientais na RMB contam com uma correlação entre inundação, raça e classe, e que injustiças e racismo socioambiental são intrínsecos à dinâmica socioespacial de Belém. Na Bacia do Mata-Fome novas soluções habitacionais se impõem, sem considerar as necessidades da comunidade ribeirinha e da prática de agricultura urbana. Tanto o modo de morar nas palafitas, quanto de produzir a partir do manejo da terra, deveriam estar inseridos na caracterização oficial da área, e não negados como práticas inadequadas.

3.2.1. Projeções e impactos das mudanças climáticas na bacia do Mata-Fome

A plataforma *Climate Central* (2022) desenvolveu mapas dinâmicos para diferentes níveis de poluição, aumento de temperatura e elevação do nível das marés de acordo com as projeções feitas pelo IPCC (2022) em relação às mudanças climáticas. Para a bacia do Mata-Fome, a projeção é de que a área de cotas altimétricas mais baixas (Figura 07) seja submersa, se ocorrer o aumento de temperatura global de 1,5°C, inundando permanentemente o que hoje representa a mancha de alagamento (Figura 08).

Figura 08: Simulação de terrenos que estarão abaixo do nível de inundação anual em 2050 e condições atuais de tubulações improvisadas de abastecimento de água.



Fonte: *Climate Central* (2022). Fotografias (2023).

Diante desta tendência, a falta de cobertura vegetal, a poluição nos rios urbanos e a insuficiência de serviços ecossistêmicos na região, agravarão os riscos associados às mudanças climáticas na bacia. Neste sentido, as populações que hoje já sofrem com a falta de infraestrutura urbana, saneamento básico, doenças causadas pela contaminação hídrica e negligência das suas relações socioambientais estarão sujeitas à maior vulnerabilidade socioeconômica e injustiça ambiental, e serão desproporcionalmente afetadas devido às suas condições socioeconômicas.

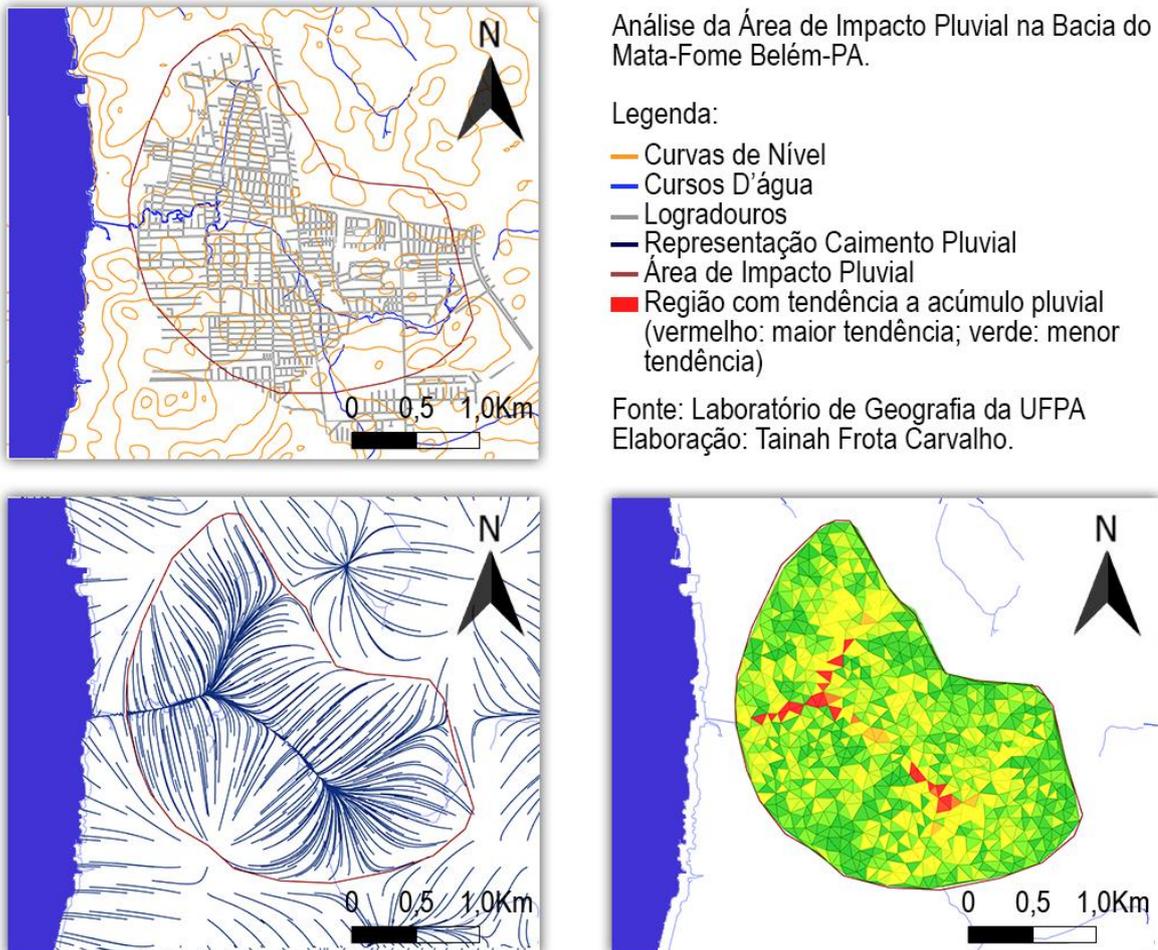
Enquanto isso, segundo as previsões de tábuas de maré disponibilizadas pela Marinha do Brasil (2022) para Belém em 2023, manter-se-á a ocorrência de máximas de altitude da maré de até 3,6m. A partir de modelagem 3D, calcula-se que o acúmulo de um volume de água de $2,42 \times 10^6 \text{m}^3$ será absorvido pelo Rio Mata-Fome, potencializando o alagamento de sua planície de alagamento. Este fato destaca a importância da contribuição das marés altas para a concepção de soluções para os alagamentos periódicos observados na Bacia do Mata-Fome.

3.2.2. Análise pluvial da bacia do Mata-Fome

A análise pluvial da bacia de estudo delimita a área de impacto pluvial nos rios, ou a região que contribui para a ocorrência de alagamentos, que pode extrapolar ou não as áreas de planejamento oficial. Os recursos de modelagem, processada por meio de algoritmo de simulação geométrica do

comportamento hídrico no terreno em questão (através das suas curvas de nível), geram representação gráfica do caimento pluvial e espacialização do gradiente de vulnerabilidade (Figura 09).

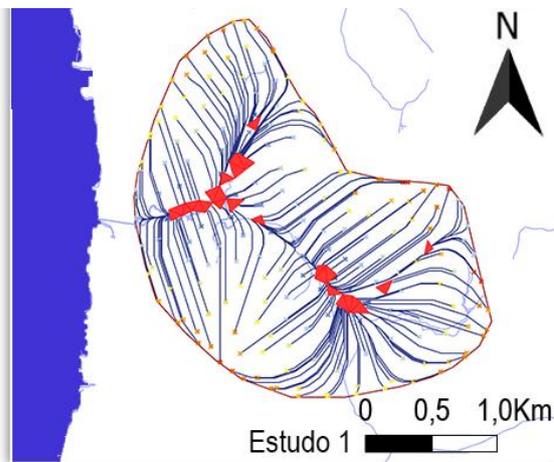
Figura 09: Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome.



Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros 3D própria (2022).

Após a delimitação da área de acúmulo pluvial, uma segunda sequência de simulações foi realizada para aprofundar a área de impacto. A análise do caimento hídrico foi detalhada para permitir a extração de diferentes informações numéricas e espaciais, para mais precisão no auxílio à tomada de decisão (Fig. 08). Nesta etapa foram geradas representações que informam as distâncias percorridas pela água até o rio. Por exemplo, a distância máxima percorrida dos triângulos de cor laranja mais intensa até o rio é de 1.310m.

Outra informação relevante é onde há tendência de acúmulo da água no caminho percorrido desde o ponto de queda até os cursos d'água. No Estudo 03 (Figura 10), os triângulos com uma tonalidade azul mais escuro indicam onde a água tende a se acumular — este dado visual é útil para se entender melhor qual seria a localização ideal para a instalação de equipamentos/soluções de infraestrutura.

Figura 10: Análise da Área de Acúmulo Pluvial na Bacia do Mata-Fome.

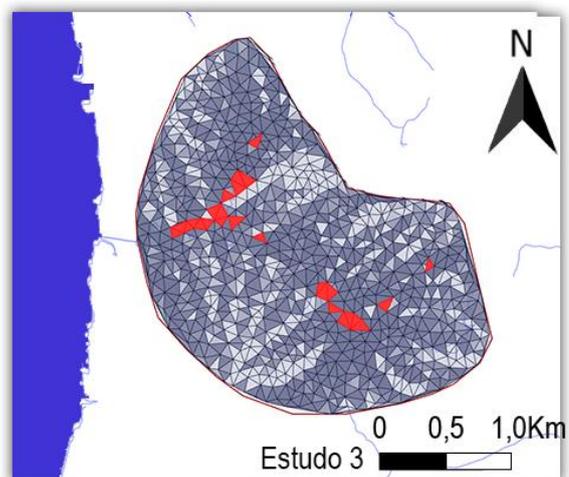
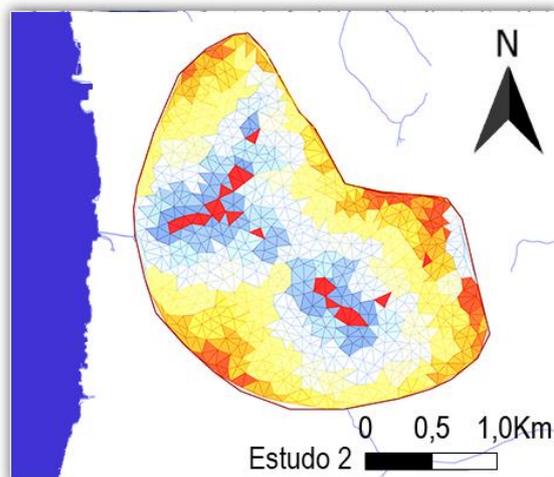
Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome Belém-PA.

Estudo 1: Área de acúmulo pluvial em vermelho; representação do caimento pluvial em azul.

Estudo 2: Simulação da distância do percurso da água pluvial, sendo laranja mais distante e azul mais próximo.

Estudo 3: Simulação das áreas com maior tendência à acúmulo de água corrente (em azul)

Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA
Elaboração: Tainah Frota Carvalho.



Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros (2022).

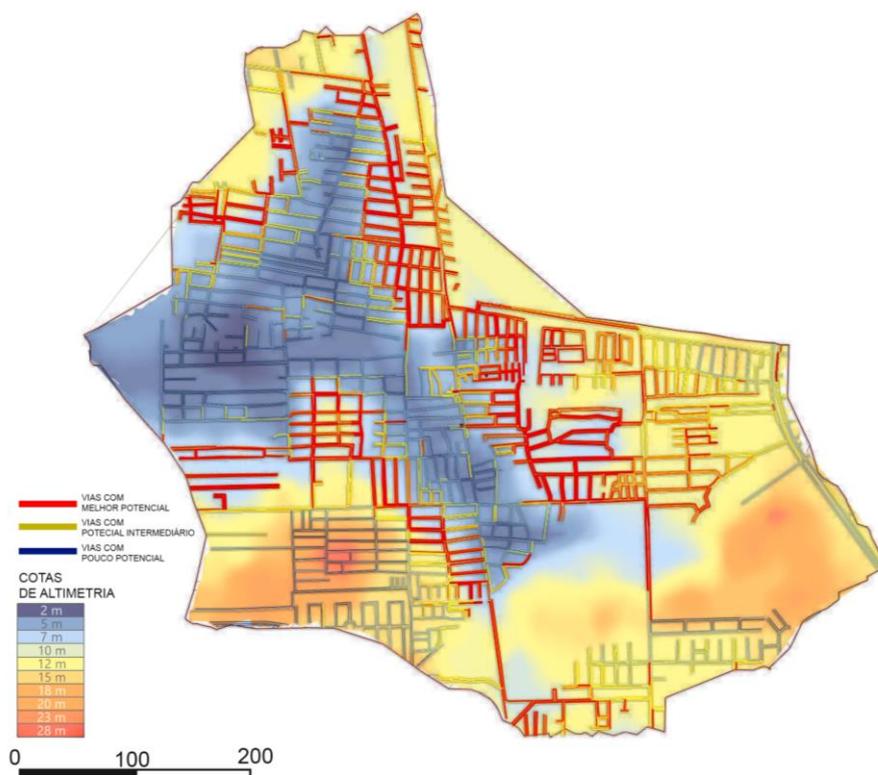
A modelagem também gera a equação empírica para o cálculo do escoamento superficial na área de impacto estudada (Equação 01). A equação permite o cálculo do volume de demanda de reservação ou absorção desta água por parte dos equipamentos de infraestrutura e tem como resultado um valor em litros por hora (SILVA *et al.*, 2013). A área de impacto possui cerca de 5.019 Km². A taxa de escoamento (f) foi definida para um período de retorno de 100 anos, ou seja, 100 anos é o intervalo médio em que se espera que ocorra uma precipitação maior ou igual a 180mm/h, no caso do Pará, segundo Souza *et al.*, 2012), o resultado obtido é de $6,32 \cdot 10^8$ L/h, este valor será usado como base para o cálculo de capacidade de absorção dos equipamentos de infraestrutura.

$$R = \frac{(A \times \alpha \times f)}{\Delta t} \quad (1)$$

Além disso, foi utilizado um algoritmo capaz de analisar o potencial de implementação de infraestrutura verde para cada via, rua ou avenida presente na área de estudo, tomando como critério a sua eficiência na capacidade de retenção de água. O algoritmo utilizou dados e *inputs* para desenvolver uma análise multicritério capaz de compreender aspectos da complexa malha urbana, os quais estão espacializados na Figura 11. Os resultados demarcados em vermelho indicam as vias que seriam mais efetivas para receber infraestrutura verde, considerando aspectos topográficos e morfológicos da cidade, enquanto em amarelo estão as vias com potencial intermediário e, em azul, as vias com baixa eficiência

de implementação de infraestrutura verde. Esse algoritmo possui uma estrutura de análise complexa, a qual se utiliza de dados georreferenciados para gerar análises a partir de uma modelagem 3D da cidade, dessa forma, torna-se possível compreender e comparar o grau de eficiência que um equipamento de infraestrutura verde poderia atingir ao ser implantado em determinado local em detrimento do sistema.

Figura 11: Análise do Potencial de Implantação de Infraestrutura Verde na Bacia do Mata-Fome.



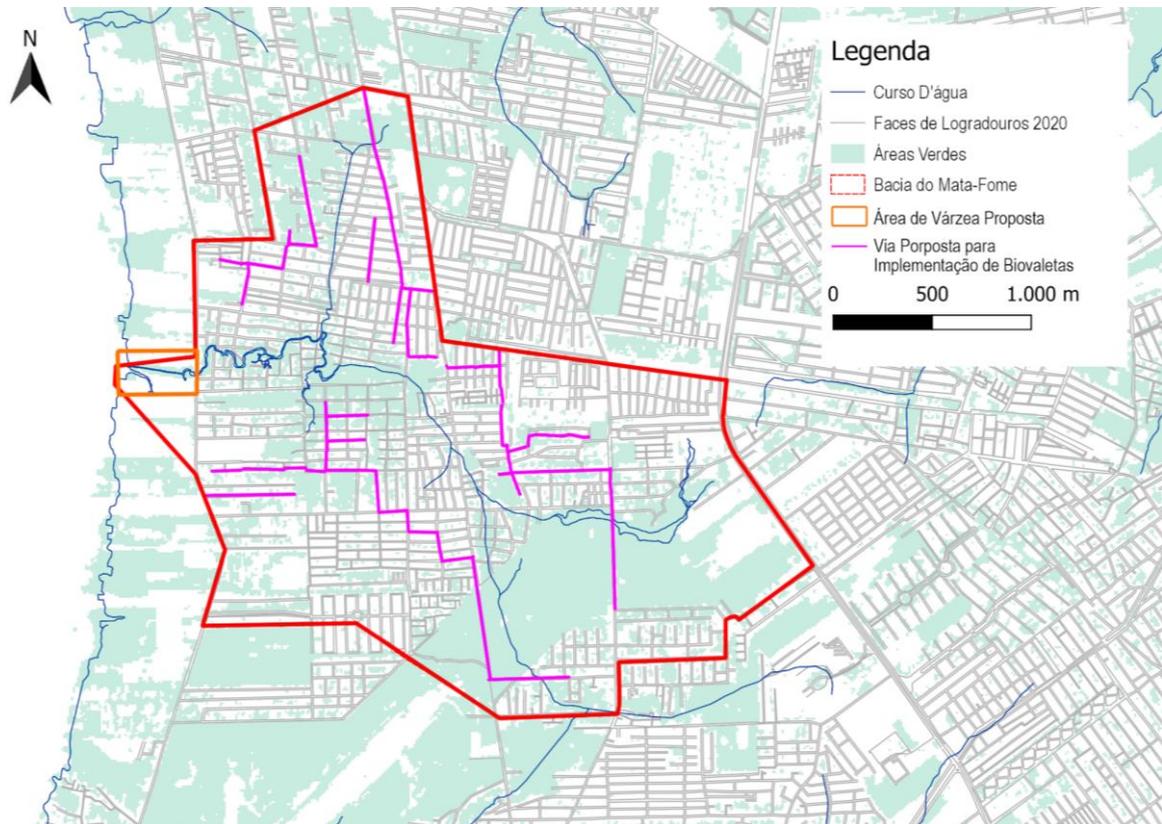
Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros 3D.

4. Propostas de atuação

Diante do exposto, algumas vias foram escolhidas como chaves para intervenção, devido ao seu porte, sua extensão e distribuição ao longo da área de impacto pluvial, tornando-as, por sua vez, ideais para a implantação de biovaletas² (Figura 12). Atualmente estas vias são bastante áridas, contam com calçadas de largura mínima, em comparação com a largura das faixas de rolamento destinadas aos veículos. No ponto do sistema estudado, em que o igarapé encontra a baía, há oportunidade de criação de um espaço natural alagável, uma bacia de retenção que poderá absorver parte da água proveniente da cheia da maré. Assim, será possível manter a característica histórica da área de várzea, valorizando-a como um recurso natural.

² Também conhecidas como canais ou trincheiras verdes, é um tipo de célula de biorretenção semelhante ao jardim de chuva. Usualmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e outros elementos filtrantes, que removem os poluentes difusos da água da chuva, ao mesmo tempo que aumenta seu tempo de escoamento, e direciona aos jardins de chuva (MOURA, 2014).

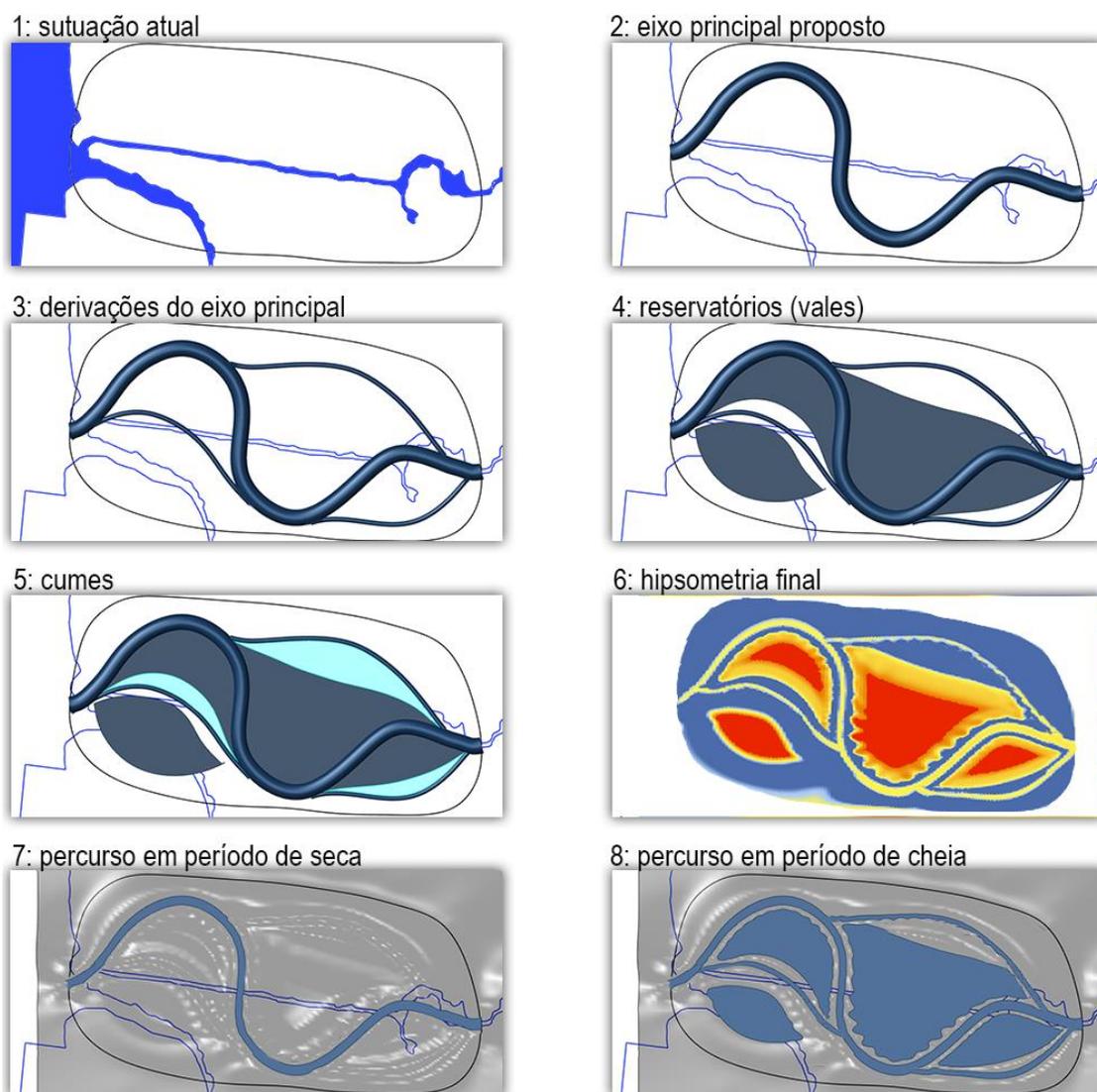
Figura 12: Indicação das vias de intervenção, marcação das biovaletas e da área de várzea proposta



Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA (2022).

A Figura 13 detalha o passo a passo para delimitação da bacia de retenção (área de várzea proposta, na Figura 12). O artifício capaz de delimitar o lugar da água, parte de um eixo principal (um corpo hídrico retificado), que atualmente conecta os pontos de entrada e saída da água. A modelagem realizada com metodologia LIM (MOURA *et al.*, 2018) detectou a existência de vales, paralelos ao corpo hídrico principal, que poderiam acumular a água da chuva. É possível planejar a utilização desses vales de modo a impedir que as águas invadam a comunidade, e induzir a formação de um corpo híbrido sinuoso, o qual respeitará a topografia do território, e que, junto com as derivações de caminhos de água, proporcionará a retenção da lâmina d'água e o equilíbrio entre infraestrutura verde e infraestrutura cinza, antes da principal avenida de acesso à área estudada. Tal infraestrutura verde reterá parte da água proveniente da alta da maré na região e terá apelo paisagístico.

Figura 13: Passo-a-passo do *design* da bacia de retenção dentro do algoritmo. 1. Ilustração do corpo d'água atual; 2. Ilustração do corpo d'água principal proposto para criação de espaço para reservatórios; 3. Derivações de menor escala do eixo principal (percursos d'água de menor escala); 4. Delimitação das áreas para criação de reservatórios (nos quais a água excedente ficará retida em época de cheia); 5. Delimitação das áreas para criação de "cumes" para o auxílio da retenção da água nos "vales"; 6. Hipsometria final (vermelho como cotas mais baixas e azul como cotas mais altas); 7. Novo igarapé proposto em período de seca; 8. Cenário para o igarapé em período de cheia com ocupação dos reservatórios.



Fonte: Elaboração dentro do programa Rhinoceros 3D (2022).

Na Figura 14 a área com potencial para criação da bacia de retenção corresponde ao vazio verde. A infraestrutura verde será um reservatório com capacidade de absorção de 124.486m^3 em período de cheia, e parecerá um igarapé comum na época de seca.

Uma intervenção como essa seria executada sem o uso de concreto ou impermeabilização do local, mantendo a capacidade natural do terreno de absorver e de secar a água. Os pontos chave são a canalização da água para os afluentes e a modelagem do terreno, já que os estudos fornecidos pelo algoritmo indicam que, naturalmente, o sistema irá funcionar sem maiores complicações, dado que ele respeita o comportamento natural das variáveis em atuação.

Figura 14: Imagem ilustrativa da intervenção em período de cheia.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

5. Considerações finais: para além do desenho

A cultura de produção das cidades que constituem a RMB tem negado as características dos seus sítios e enquadrado a paisagem a partir da perspectiva da produção da cidade racionalista. Esta lógica deve ser revista e modificada para que sejam retomadas práticas locais mais bem adaptadas ao sítio, e com maior capacidade de resistir às emergências climáticas que já impactam o clima, a temperatura e as marés do mundo todo. Nesse sentido, as lições da ecologia urbana, em defesa de uma visão mais integrada das camadas que constituem as cidades, serão cruciais para o enfrentamento das mudanças previstas pelo IPCC (2022). A RMB será fortemente impactada pelo aumento de temperatura, mudança no regime pluvial e avanço das marés e, por esse motivo, os agentes sociais envolvidos na gestão da cidade devem buscar formas de torná-la mais resiliente. Isso depende de uma mudança na compreensão da natureza pelo planejamento urbano, e da assimilação da luta contra as desigualdades socioambientais, historicamente estabelecidas neste território, como parte de suas metas.



A intervenção para a bacia do Mata Fome seria didática a respeito da necessidade de planejar a cidade a partir de bacias, de assumir que a razão dessas intervenções são processos físicos, mas também demandas sociais, uma vez que há uma adaptação nas formas de morar e produzir de certos grupos sociais àquela paisagem. A baixa renda da população pode ser compensada pelas possibilidades de produção de alimento e acesso a recursos como o rio e a vegetação, que dependem da manutenção de características naturais da paisagem, assim como da sua despoluição. Este exercício precisaria de aprofundamento a partir do diálogo com a população, por meio de estratégias de discussão sobre as ferramentas e soluções técnicas.

O estudo da bacia oferece a possibilidade de compreensão multiescalar da base biofísica da cidade, e a modelagem 3D facilita a visualização de processos de drenagem, o principal fator local de vulnerabilidade e risco. A sobreposição destas informações físicas a camadas de dados cadastrais, sobre uso do solo, condições de ocupação (tipologias) e de mobilidade, permite a compreensão de como a velocidade e o volume de fluxos de águas se relacionam com a vida cotidiana, e a definição dos limites aceitáveis tanto para o ecossistema quanto para os habitantes. As ideias aqui apresentadas servem de auxílio à tomada de decisão do setor público sobre a possibilidade de migração das tecnologias adotadas no século XX para um repertório técnico promissor no século XXI, ainda que pouco adotado na cidade.

As propostas procuram evitar o aterramento e canalização dos rios e estimular cadeias de soluções, como as ações de fitorremediação e de saneamento básico compatíveis com as condições de ocupação, para proporcionar a descontaminação das águas e o resgate das atividades próprias da população ribeirinha, que dependem do rio vivo, com o objetivo último de evitar o desaparecimento de suas práticas em uma metrópole amazônica. Tal aproximação também geraria desdobramentos sociais mediados pela paisagem, visto que a possibilidade de interação com as águas e com áreas vegetadas tem um forte apelo para a população belenense, e poderia criar novas formas de geração de renda para os habitantes da bacia do Mata-Fome.

A modelagem também pode auxiliar no controle urbanístico, revelando as interações entre áreas altas e áreas baixas, pois a contribuição de águas envolve distâncias superiores a um quilômetro, e isso articula diretamente tipologias de ocupação e perfis de renda. A impermeabilização realizada no quintal ou a supressão de áreas verdes é do interesse de uma população muito maior do que a que ocupa um determinado lote.

Neste artigo, espera-se ter demonstrado que as tecnologias computacionais podem auxiliar a tomada de decisão sobre a ação complementar de tecnologias sociais e físicas, e que a modelagem pode ampliar a compreensão ambiental vigente, demonstrando que soluções baseadas na natureza também podem estar associadas a atividades econômicas de baixo impacto, que já foram muito comuns nas várzeas, como a agricultura urbana. É tempo de se romper com a cultura estabelecida pelo plano de alinhamento (Figura 01) e com as concepções de saneamento desenvolvidas no século XX, que "solucionavam" apenas problemas pontuais, enquanto reforçavam a negação da natureza (do sítio, de rios, de matas urbanas e de fluxos de biodiversidade) e a injustiça socioambiental imposta às camadas populares da cidade.

Agradecimentos

Agradecemos o financiamento do CNPQ, via processos 305775/2021-9 e 430801/2016-5.

Referências

ACSELRAD, Henri. Justiça Ambientale Construção Social do Risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 5, p. 49-60, 2002.



AHMAD, Ahmad Mohammad; ALIYU, Abdullahi Adamu. The Need for Landscape Information Modelling (LIM) in Landscape Architecture. **13th Digital Landscape Architecture Conference**, Dessau, Germany, p. (sl.), 1 maio 2012. ISBN: 978-3-87907-519-5.

ARAÚJO, M. M.; ROCHA, R. M.; SILVA, B. G. Gestão ambiental participativa: O planejamento urbano-ambiental sustentável a partir das bacias hidrográficas. In: **Anais do XV Congresso Nacional do CONPEDI: direito, sociobiodiversidade e soberania na Amazônia**. 2007. p. 1-18.

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020. BARBOZA, E. N.; Neto, F. C. B.; Caiana, C. R. A. 2020. Geoprocessamento aplicado na análise dos efeitos da urbanização no campo térmico em Fortaleza, Ceará. *Research, Society and Development*, 9(7), 5797-3731.

BECKER, Bertha. **A urbe amazônica**. Editora Garamond, 2018.

BECKER, B. K. Por que a participação tardia da Amazônia na formação econômica do Brasil? In. ARAÚJO, T. P.; WERNECK, S.T.; MACAMBIRA, J. (Orgs.). **50 anos de Formação econômica do Brasil: ensaios sobre a obra clássica de Celso Furtado**. São Paulo: Companhia das Letras, p.201-209, 2007.

BONZI, Ramón. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

CAPEL, Horacio. **La morfología de las ciudades**. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.

CARDOSO, A. C.; et al. A inserção da RMB na Amazônia e na rede urbana brasileira. In: CARDOSO, A. C.; LIMA, J. J. (ed.). **Belém: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Observatório das metrópoles: Letra capital, 2015. cap. 2, p. 33-58.

CARDOSO, A.C.; et al. Forma urbana de Belém e seus desdobramentos para a formação de um sistema de espaços livres acessível à população. **Paisagem e Ambiente**, v. 37, pp. 11-34, 2016.

CARMONA, K. M; et al. Ocupação urbana da bacia do mata fome, Belém-PA e sua relação com a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. **Águas Subterrâneas**, [S. I.], 2010.

CARVALHO, T. F. & MOURA, N. C. B.. No Retreat from Change Landscape Information Modelling as a Design Tool for a Resilient Community: the Case of Poço da Draga in Fortaleza, Brazil. In: **Planning Post Carbon Cities: 35th PLEA Conference on Passive and Low Energy Architecture.**, 2020, Corunha. Anais eletrônicos. Corunha, 2020. p. 830-834.

CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011.

Censo Demográfico 2010. Metodologia do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2013 (Série Relatórios Metodológicos, v. 41).

CLIMATE CENTRAL. climate central org, 2022. Coastal risk screening tool.

CODEM (Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém). **Mapa de localização das bacias hidrográficas do município de Belém**: CODEM, 2014.

COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G. JANZEN, C., MAGINNIS, S. (eds.) **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN. xiii. 97 pp., 2016.



CORRÊA, R. L. Segregação residencial: classes sociais e espaço urbano. In: VASCONCELOS, P. D. A. CORRÊA, R. L.; PINTAUDI, S. M. **A cidade contemporânea: segregação espacial**. São Paulo: Contexto, p. 39-59, 2016.

CRUZ, Camila. **Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas da região metropolitana de Belém: uma análise urbanístico ambiental**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Pará. Belém, 2018.

FERREIRA, J.C.; MACHADO, J.R. Infra-estruturas verdes para o futuro urbano sustentável: o contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. **Labverde**, n.1, p 68-90, 2010.

FIREHOCK, Karen. **A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature**. Green Infrastructure Center, Inc., Charlottesville, VA. 6pp. 2010.

HARVEY, David. **Cidades Rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., *et al.* **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2022.

IUCN - **International Union for Conservation of Nature**.

JUSSARA, J. P. **30 mil famílias da bacia do Mata Fome aguardam obras de macrodrenagem**. Agência Belém, 2022.

LIMA, José Júlio. Conjuntos habitacionais e condomínios de luxo em Belém: duas tipologias em confronto. **Revista Arquitextos**, v. 27, n. 7, 2002.

MARINHA DO BRASIL. **Tábua de Marés 2023 PORTO DE BELÉM (ESTADO DO PARÁ)**. [S. l.], 2022.

MAGALHÃES, C. R. **Bacia Hidrográfica como Referência de Planejamento e Expansão Urbana para as Cidades no Século XXI**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, UFRJ, 2013.

MARENGO, José A.; SOUZA JR, Carlos. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo: ALANA, 2018.

MCHARG. I. **Design with nature**. Philadelphia: The Falcon Press, 1971.

MIRANDA, Thales. **A Ilusão da Igualdade: natureza, justiça ambiental e racismo em Belém**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Pará. Belém, 2020.

MIRANDA, T. B.; CARDOSO, A. C. Cartografias de invisibilidades na periferia metropolitana de Belém: estudo de padrões espaciais e relacionamentos da população com espaços públicos/verdes. **Relatório Final PIBIC**, Universidade Federal do Pará, Belém, 21p, 2017.

MORAES, C. B. *et al.*, Crescimento urbano e suas implicações para o tempo e clima da região metropolitana de Belém do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 2045-2060, 2022.

MOREIRA, Eidorfe. **Obras reunidas de Eidorfe Moreira**. Belém: Edições CEJUP, 1989.

MOURA, Newton Célio Becker de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.



- MOURA, N. B. & PELLEGRINO, P. & MARTINS, J. R. & RAVIOLO B. & MOREIRA, E. Intelligent landscapes: Application of parametric modeling for a new generation of flood risk management reservoirs in São Paulo city, Brazil. **DISEGNARECON**. 11. 11.1-11.15. 2018.
- MUNIZ, João de Palma. **Patrimônios dos Conselhos Municipais do Estado do Pará**. Lisboa: Aillaud & Cia, 1904.
- NEU, Vânia. Rios urbanos como patrimônio. **Laboratório da Cidade**, Belém, 24 de fev. de 2022. Blog.
- PEREIRA, J. A. Rodrigues (org.) **Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Belém**. Belém: Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), 2008. CD-ROM. 7 v. [Relatórios de pesquisa.] CD-ROM.
- PEREIRA, M. C. *et al.* Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. São Paulo: **Labverde**, v. 11, n. 01, 2021.
- PESSOA, F. da S.; FAÇANHA, A. C. Impressões sobre bacia hidrográfica urbana e gestão compartilhada. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 256-269, 2015.
- PORTO, R., ZAHED, K.F., TUCCI, C. e BIDONE, F. DRENAGEM URBANA. Cap. 21. In.: In.: TUCCI, Carlos E. M. *et al.*, **Hidrologia: ciência e aplicação**. UFRGS Editora, 2012.
- SANTOS, Beatriz Luiza Leal Fiock dos; CARDOSO, Ana Claudia Duarte. Tendências morfológicas, sociais e ambientais na periferia urbana de Belém do Pará. **Relatório Final PIBIC**, Universidade Federal do Pará, Belém, 20p, 2015.
- SILVA, F. O. E., PALÁCIO, F. F. R., CAMPOS, J N. B. Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC. **Revista DAE**, v. 192, 2013.
- SILVA, J. A.; RODRIGUES, J. E. Análise da cobertura vegetal na bacia hidrográfica "Mata-Fome", Belém/PA. Belém: **Rev. do Inst. Hist. e Geog. do Pará (IHGP)**, v. 06, n. 02, p. 73-91, 2019.
- SILVA, M. J.; LUZ, L. M.. Uso do solo e degradação ambiental: Estudo de caso da bacia do Mata Fome em Belém, Pará. Grajaú: **Revista InterEspaço**, v. 2, n. 7, p. 162-178, 2016.
- SOUSA, Renata. **A área de expansão de Belém: Um espaço de múltiplas vivências**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.
- SOUSA, C. E. M. **Modelando a percepção: o ambiente do patrimônio cultural edificado na regulação da forma urbana**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo e Design) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- SOUZA, A. L. Resiliência Urbana e uma Belém Sustentável. **Laboratório da Cidade**, Belém, 13 de maio de 2022. Blog.
- SOUZA, Rodrigo O. R. de M. *et al.* Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 15 jun. 2012.
- STÖBERL, A. P. M.; *et al.* Trajetória do conceito Soluções Baseadas na Natureza e a relação com o Brasil: Uma análise bibliográfica Autores. **Anais XVIII Enanpur 2019**, 2019.
- SPIRN, A. W. O. **Jardim de Granito: A natureza no desenho da cidade**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.



TONUCCI FILHO, J. B. M.; *et al.* Estrutura produtiva e mercado de trabalho na Região Metropolitana de Belo Horizonte: formação histórica e perspectivas contemporâneas. In: ANDRADE, L.T.; MENDONÇA, J. G.; DINIZ, A. M. A.; (Orgs.). **METRÓPOLES: Território, Coesão Social e Governança Democrática**. Belo Horizonte: Transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. p. 49-88.

TUCCI, Carlos E. M. CONTROLE DE ENCHENTES. Cap. 16, In.: TUCCI, Carlos E. M. *et al.*, **Hidrologia: ciência e aplicação**. UFRGS Editora, 2012.

VENTURA NETO, R. **Belém e o imobiliário: uma cidade entre contratempos e contradições**. Belém: Imprensa Oficial do Estado, 2016.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. Studio Nobel, 1998.

VINENTE, Álvaro. Belém conquista aprovação do projeto de macrodrenagem do Mata-Fome. **Agência Belém, 2022**.



Sâmyla Eduarda Moreira Blois Alves

Formanda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Pará (UFPA). Bolsista de Iniciação científica (CNPQ) em Caracterização do periurbano estendido Amazônico pelo Laboratório Cidades na Amazônia (LABCAM/UFPA). Integrante e extensionista do Grupo de Pesquisa Urbana Pesquisa. Colaboradora do Laboratório da Cidade (LdC) com atuação nas áreas de desenvolvimento e pesquisa de projetos.

Contribuição de coautoria: Redação - rascunho original.

Ana Cláudia Duarte Cardoso

Professora titular da Universidade Federal do Pará (UFPA). Membro do corpo docente permanente do Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/UFPA) e do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFPA). Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Pará (1990), mestre em Planejamento Urbano pela Universidade de Brasília (1994) e doutora em Arquitetura pela Oxford Brookes University, UK (2002). Participou da gestão do Governo do Pará (2007-2009). Foi docente na UFRN (2009-2011). Foi professora visitante na École de Urbanisme de Paris (2017). Foi diretora da ANPUR (2015-2017). É diretora da ANPARQ (2020). É conselheira suplente do CAU BR (Pará). Consultora ad hoc do CNPq, da CAPES, da FAPESP e da FAPEMA e de periódicos da área. Seu interesse de pesquisa atual é a convergência entre a urbanização extensiva observada na Amazônia Oriental, os arranjos espaciais dos assentamentos humanos da região e a defesa do direito à sociobiodiversidade.

Contribuição de coautoria: Concepção; Análise; Supervisão; Redação – rascunho original, revisão e edição.

Newton Célio Becker de Moura

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará e Doutor em Arquitetura e Urbanismo, na área de Paisagem e Ambiente, pelo programa de Pós-Graduação da FAU-USP. Pós-Doutor em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela Escola Politécnica da USP. Professor do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design da UFC e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Design. Pesquisador do Laboratório de Experiência Digital – LED (UFC) com ênfase em Modelagem da Informação aplicada à Paisagem (Landscape Information Modeling), Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza.

Contribuição de coautoria: Metodologia; Supervisão; Validação.

Tainã Frota Carvalho

Formada em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Ceará (UFC) no semestre de 2020.2 e mestranda em arquitetura e urbanismo pela UFC (ingresso no semestre de 2022.2). Durante o percurso da graduação (2015-2020), além da grade curricular estipulada, se envolveu em pesquisas nos temas de conforto ambiental, modelagem da informação aplicada aplicada à paisagem. Em 2019 participou do Plano de Regularização fundiária realizado pela UFC em parceria com a Prefeitura de Fortaleza e outras instituições para as Zonas de Interesse Social do Poço da Draga, do Pici e do Bom Jardim na cidade de Fortaleza. Atualmente é mestranda na linha de Modelagem da Informação do programa de mestrado da UFC e está vinculada ao Laboratório de Pesquisas Digitais (LED). No LED participa do programa de pesquisa de Realidades Estendidas no Processo de Design em parceria com as empresas Meta e Unity.

Contribuição de coautoria: Software; Redação – rascunho original; Redação - revisão e edição; Análise; Coleta de dados.

Giuliana Cira Cardoso Morais Lima

Discente de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará (UFPA), integrante do Laboratório Cidades na Amazônia (LABCAM/UFPA) como bolsista de Iniciação Científica (CNPQ). Integrante e extensionista do Grupo de Pesquisa Urbanização e Natureza na Amazônia (URBANA).



Contribuição de coautoria: Redação - revisão e edição.

Victor Silva da Costa

Aluno de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo, integrante do programa de educação tutorial (PET) Arquitetura, durante o período de 2020 a 2022, Integrou o Laboratório de Pedologia da UFC, no curso de geografia, no período de 2018 a 2019, atualmente bolsista PIBIC junto ao Laboratório de Experiência Digital (LED).

Contribuição de coautoria: Redação - revisão e edição.

Como citar: ALVES et al. Investigação de Potenciais de Constituição de Paisagens Funcionais na Área de Expansão de Belém. Revista Paranoá. N.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.21

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana, Livia Santana, Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.