



**ENAN
PUR 2023**
Belém 22 a 26 de maio



INVESTIGAÇÃO DE POTENCIAIS DE CONSTITUIÇÃO DE PAISAGENS FUNCIONAIS NA ÁREA DE EXPANSÃO DE BELÉM¹

Sâmyla Eduarda Moreira Blois Alves
Universidade Federal do Pará

Tainah Frota Carvalho
Universidade Federal do Ceará

Giuliana Cira Cardoso Morais Lima
Universidade Federal do Pará

Victor Silva da Costa
Universidade Federal do Ceará

Sessão Temática IV: ST-04: Convergências entre Urbanização e natureza.

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 sempre 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: Ecologia urbana; Mudanças climáticas; Soluções baseadas na Natureza.

Tradução do título em inglês

Abstract. The structuring of capitalist city space neglects the condition of cities as complex ecosystems. This was the logic followed in the formation of the Metropolitan Region of Belém whenever investment in infrastructure omitted environmental processes, climatic aspects and the social diversity of the Amazon, prioritising construction densification and the reduction of vegetation cover in the city centre and in the city's expansion area. This research proposed to identify the potentials for the creation of a functional landscape in Belém's expansion area, taking the Mata-Fome watershed as a pilot for the reality of the metropolitan periphery (RMB). Geoprocessing, mathematical calculations and 3D modelling were the resources used to demonstrate the feasibility of associating nature-based solutions (green infrastructure) with conventional infrastructure, so as to preserve cultural uses and characteristics of the landscape, already adapted to seasonal flooding, and reduce costs and ecological impacts. It is concluded that it is possible to maintain vegetated and permeable areas, with socio-environmental, landscape and economic potential, and also to contribute to tackling climate change in Amazonian cities

¹ Esta pesquisa foi financiada pelo CNPq. Processo 430801/2016-5 - Edital Universal CNPQ e Processo 305775/2021-9 - Bolsa PQ CNPQ

Keywords: Urban ecology; Climate change; Nature-based solutions

Tradução do título em espanhol

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 Amazonía, 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 geoprocesamiento, 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: Ecología urbana; Cambio climático; Soluciones basadas en la naturaleza..

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 tornam-se mais intensas, enquanto pouca atenção é dada às relações sócio-ambientais; isto interfere diretamente nas relações sociais que envolvem grupos marginalizados nas cidades, tornando-as ambientalmente menos justas (DIEP, 2022).

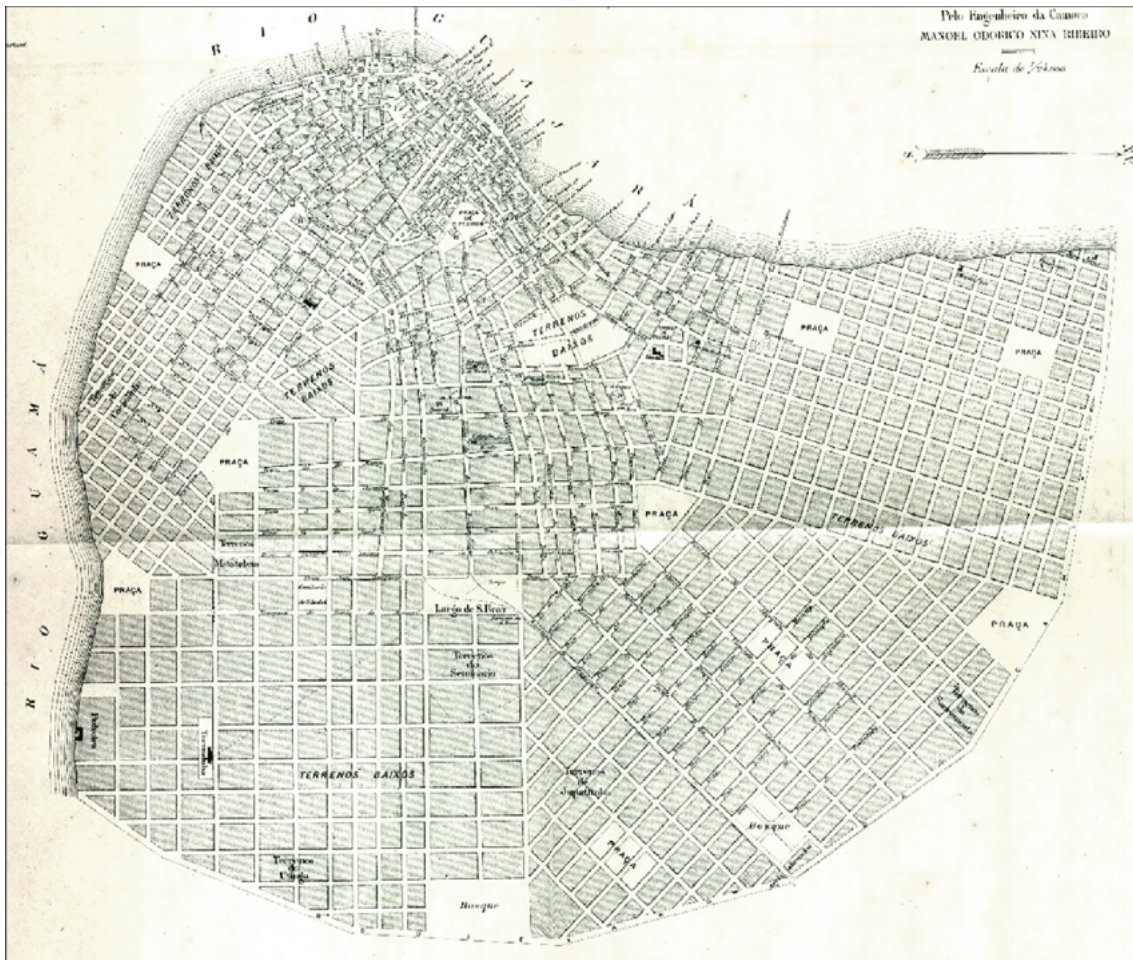
Desde a segunda metade do século XX, os conteúdos da ecologia urbana (campo que organiza diferentes aspectos da natureza para compreender as dinâmicas e relações do espaço urbano com os recursos naturais) têm sido apontados como indispensáveis para a compreensão da complexidade do ecossistema urbano 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 e 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).

A paisagem natural costuma ser inserida na gestão e infraestrutura tradicional como bem ou serviço, que atende às urgências de agentes urbanos, mas que tem sua identidade, importância cultural e relação com a comunidade negligenciada. Tal gestão é baseada na hipótese de reversibilidade dos danos negativos a esse ambiente natural, mas tem como consequência a ampliação de condições de riscos e vulnerabilidade de um grande contingente populacional devido a esse modo de produção social do espaço (MIRANDA, 2020). Nesse sentido, a análise do espaço urbano demanda atenção à sua complexidade, e seus desdobramentos, visto que materializa diferentes relações na forma do espaço (SOUZA, 2016).

Para melhor compreender o impacto deste tipo de gestão em Belém, será preciso recuperar um pouco do processo da sua formação histórica e socioespacial. Becker (2018) aponta os ciclos econômicos como grandes responsáveis pela ocupação da cidade de Belém, e pelos fluxos migratórios dirigidos à cidade. O aquecimento econômico provocado pelo boom da borracha

(1850 - 1920) permitiu o investimento, durante a gestão de Antônio Lemos, 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. Todavia, este plano promoveu infraestrutura e alargamento viário apenas nas partes mais altas da 1ª légua patrimonial da cidade, evitando as áreas pantanosas de cotas mais baixas, comuns da várzea amazônica, identificadas como baixadas (MOREIRA, 1989). Tal plano negligenciava os cursos d'água e considerava o sítio como plano e homogêneo, seguindo a concepção de que a natureza e os processos naturais podem ser dominados por meio do projeto, por controle ou eliminação dos elementos da paisagem (MIRANDA, 2020).

Figura 01: Planta de Belém com plano de expansão de Nina Ribeiro (Fonte: Muniz -1904) para a Primeira Légua Patrimonial da cidade



Entre os anos de 1920-1960, enquanto a Amazônia sofreu um período de estagnação econômica (BECKER, 2018), a cidade de Belém manteve dinamismo e funções ligadas ao comércio, atividades agrícolas e industriais (CARDOSO et al, 2015); mas a partir dos anos 1960, o interesse capitalista passou a determinar a ordem social na cidade de Belém, em razão da implantação de projetos federais de conexão rodoviária e à abertura da região para o mercado nacional. e da concorrência entre dinâmicas locais e nacionais (CARDOSO et al, 2015).

A partir de 1960, o Programa de Integração Nacional (PIN) foi implantado para ampliar o processo de industrialização em outras regiões brasileiras, integrar a Amazônia ao mercado nacional, e acolher migrantes de outras partes do país, por meio da exploração de recursos

naturais, da criação de um mercado consumidor nacional, e alinhamento da política regional às diretrizes econômicas centrais (SOUZA, 2016). Em 1973 a Região Metropolitana de Belém foi criada e a conurbação consolidada nos anos 1980 (BECKER, 2018; CARDOSO et al, 2015).

O padrão brasileiro de expansão urbana e metropolização foi definido em função das atividades econômicas e industriais, seguindo a experiência do centro sul do país, onde a indústria foi um importante indutor de transformações socioespaciais (BECKER, 2007; TONUCCI FILHO et al, 2015). No caso amazônico, o desenvolvimento urbano foi atrelado ao crescimento econômico na região e ligado a uma indústria de exploração de recursos naturais, que até então eram considerados infinitos (BECKER, 2007).

As novas dinâmicas levaram ao abandono das indústrias do bairro do Reduto em Belém, que passou por um processo de valorização, após obras de macrodrenagem e investimentos do setor imobiliário (VENTURA NETO, 2016), resultando na expulsão dos ex-trabalhadores fabris, portuários e mercantis para as bordas da cidade (MIRANDA, CARDOSO, 2017). 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, desde os anos 1910, a ocupação da área de expansão de Belém (segunda légua patrimonial) seguiu somente a lógica capitalista de apropriação do espaço, por contar com muitas áreas já privatizadas. Esta área teve sua modelagem social e física intensificada a partir do final da década de 1960 (SOUZA, 2016; CORREA, 2016), após as glebas rurais externas aos limites da Primeira légua patrimonial terem sido desapropriadas e convertidas em áreas institucionais (aeroporto internacional, domínio das forças armadas, campus das universidades federais e de centros de pesquisa), e um Cinturão Institucional ter sido formado desde a década de 1940. A partir dos anos 1980, houve alternância entre agentes públicos e privados na produção das tipologias habitacionais - via implementação de conjuntos habitacionais, loteamentos informais e instalação de condomínios e loteamentos privados nos vazios reservados, principalmente no eixo da Avenida Augusto Montenegro (CARDOSO et al, 2016). Esse processo foi combinado com a 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).

Em função deste processo de ocupação intenso e rápido, a área de expansão de Belém aglutinou diferentes perfis socioeconômicos, que produziram padrões e tipologias espaciais diversos, caracterizados pela rápida conversão de uso de terra e adensamento improvisado da mancha urbana, o que resultou em espaços públicos, sistema de mobilidade e infraestrutura urbana 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 (que não são canalizados e que contam com vida nas águas) e movimentação de relevo. Contudo, é cenário ameaçado pela ocupação inadequada de bacias hidrográficas e projetos de drenagem urbanas que mantêm a mesma lógica do plano de Nina Ribeiro.

Como resultado desse padrão de expansão da cidade, além da redução da massa vegetal, observa-se a impermeabilização de solos e supressão de áreas vazias; canalização e estrangulamento dos cursos d'água, modificando seus padrões hídricos; a completa desconsideração das características do clima e pluviosidade amazônica e o deslocamento da população para áreas marginalizadas e adensadas, sem acesso à infraestrutura urbana e saneamento básico adequado. Assim, do mesmo modo que a ocupação e a expansão da cidade não seguiram de acordo com as recomendações dos estudos de ecologia urbana, os riscos ambientais foram socialmente e politicamente construídos nas baixadas e áreas marginalizadas em 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, em uma espécie de proposta piloto (de referência) para a periferia metropolitana (RMB), realizado na Bacia hidrográfica do Mata-Fome. Além disto, procurou-se oferecer soluções concretas para a consolidação da ocupação na aproveitando os recursos matemáticos e de modelagem 3D, para demonstrar a viabilidade de provisão de soluções de infraestrutura verde associada a infraestrutura convencional, de modo a preservar usos e características culturais da paisagem, já adaptada aos alagamentos sazonais, e reduzir custos e impactos ecológicos.

Para atender tais objetivos, o percurso metodológico da pesquisa seguiu as seguintes etapas: a) revisão de literatura em busca de repertório para construção e implementação de infraestrutura verde; b) caracterização multiescalar de processos físicos, bióticos e culturais da área de expansão de Belém (sítio, vegetação, águas; tipologias de uso e ocupação; matrizes culturais), e dos seus ciclos naturais; c) caracterização 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; d) caracterização morfológica (padrões predominantes do tecido urbano) e de perfis socioculturais (espaços produzidos a partir do mercado, espaços de produção informal, espaços de resistência de modos de vida nativos); e) identificação dos vazios (verde viário, quintais, jardins, praças, parques, várzeas e matas ciliares) e que foram adotados como base para diretrizes de implantação de infraestrutura verde com o auxílio de análises geradas pelo Rhinoceros 3D.

A modelagem usou um mecanismo de design informacional, 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 Grasshopper®, que produz a interface de programação visual e facilita a compreensão dos resultados (SOUSA, 2018).

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, considera a gestão da paisagem natural apenas enquanto bem ou serviço que atende às urgências de agentes urbanos. Nestes sistemas o objetivo é reduzir o risco de enchentes e minimizar os riscos e prejuízos causados por inundações (TUCCI, 2012; PORTO et al, 2012). É comum aplicarem medidas estruturais que agem modificando a precipitação e vazão das bacias hidrográficas ou diretamente nos rios (TUCCI, 2012). Essas 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 de problema e impactando as áreas à jusante, sem tratar a bacia como um sistema (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011). Essas medidas além de custosas, são inflexíveis e impactam diretamente na paisagem natural contribuindo com o processo de urbanização, assim, a medida em que há a remoção da cobertura vegetal, aumento da impermeabilização e canalização das planícies, um maior volume de chuva escoar mais rápido, carregando sedimentos e se acumulando nas áreas mais baixas (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011).

Desde a década de 1970, diversos debates e estudos sobre os impactos da ação antrópica sob os ambientes foram difundidos, 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.

No presente, 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 (busca de alternativas mais sustentáveis, menos poluentes e mais adequadas ao clima), para mitigação dos riscos causados pelas mudanças climáticas. Também observa que em diferentes regiões, as populações e sistemas mais vulneráveis são desproporcionalmente afetadas pelas mudanças climáticas, mais sujeitas à insegurança hídrica e alimentar causada pelas mudanças citadas.

Entretanto, os efeitos negativos das mudanças extremas no clima e a ocorrência de eventos climáticos intensos já eram registrados desde meados do século XX (IPCC AR6, 2022; MORAES et al, 2022), período de consolidação do modo de vida urbano na cidade racionalista e industrial (CAPEL, 2002). Enquanto isso, na Amazônia, o PIN provocava mudanças definitivas no uso do solo e na expansão das manchas urbanas, especialmente, no Pará (MORAES et al, 2022): os efeitos das mudanças climáticas já eram sentidos como consequência do desmatamento, expansão agrícola e agropecuária e da gênese e expansão das cidades.

E tais mudanças climáticas causaram impactos na saúde humana, nos meios de subsistência e nas infraestruturas urbanas (IPCC, 2022), ao passo que o cenário de emergência climática atual, tem forte relação com 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.

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). E 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 alteração no ciclo hidrológico, que abrangem intensificação de chuvas e de secas e a variações térmicas e aquecimentos de microclima (MARENGO & SOUZA, 2018) são 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, por esta não ser flexível diante das demandas do meio ambiente, e ter ampliação de custo elevado. Essa 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).

Neste 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, <https://docs.google.com/document/d/1R8DjAlbR-cUEm5xZ9euKrM-sb8fQNPhB3A5lsH019OE/edito> AR6, embora classifique o impacto das mudanças climáticas na estrutura dos ecossistemas terrestres, aquáticos ou de várzea na América Latina como altos ou muito altos, recomenda que as cidades da região invistam em sistemas de infraestrutura verde, serviços ecossistêmicos, uso de terra sustentável, aliados ao planejamento urbano e gestão sustentável das águas urbanas voltados para adaptação e respostas às mudanças climáticas.

Formação (e provisão de infraestrutura urbana) da área de expansão de Belém

Até a década de 1960, a área continental do município de Belém para além da 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 1970, resultou em um fluxo migratório que levou ao inchaço populacional da Primeira Léguas de Belém, por um lado, e 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 ferrovia Belém - Bragança, que por sua vez deu lugar a 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 das 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 de algumas redes técnicas, enquanto o lançamento de efluentes era destinado aos 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, 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).

Os condomínios fechados sobrepueram diferentes padrões socioeconômicos naquele espaço. Não só o mercado imobiliário aproveitou as mudanças, mas 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 e etc, em paralelo a forte discurso publicitário (CARDOSO et al, 2016).

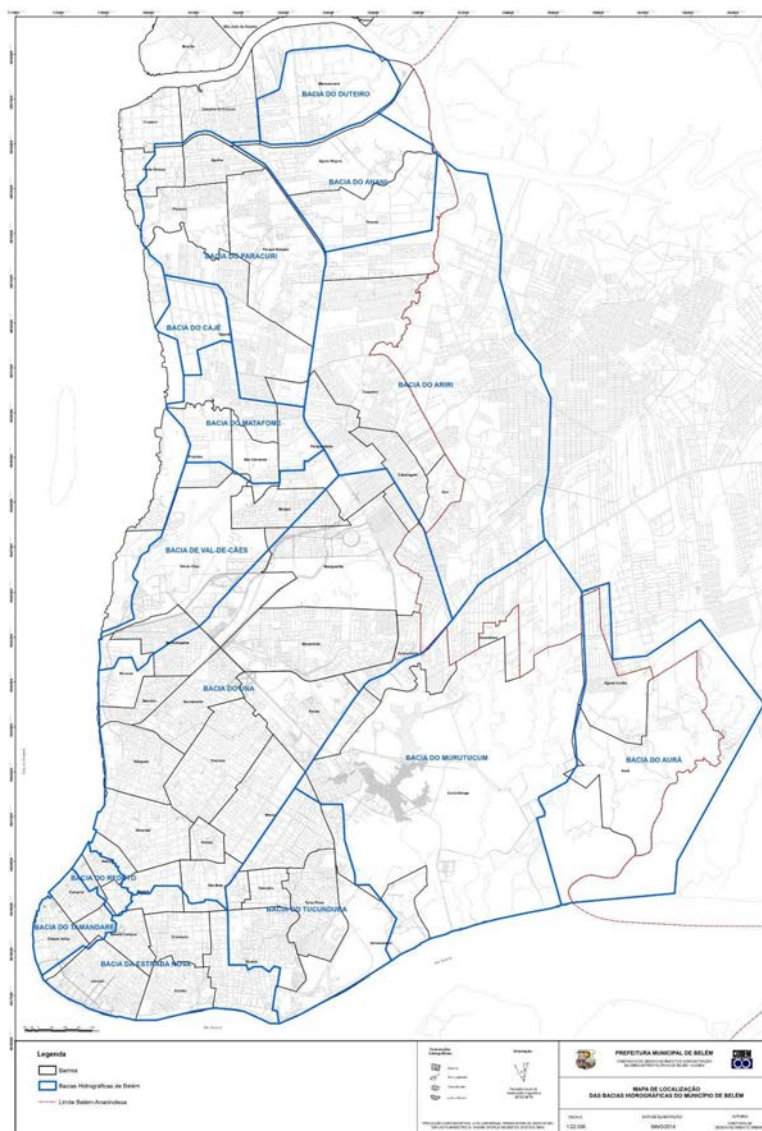
Mas a produção da área de expansão contou com a ação de três agentes: O Estado, o Capital e a população excluída, com suas estratégias próprias de ocupação (SOUZA, 2016), e mesmo após toda esta transformação não houve provisão de espaços públicos, investimentos em infraestrutura urbana ou consolidação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

Entrevista com técnicos da administração municipal informou que as ações de provisão de infraestrutura e saneamento, além de serem desintegradas, dependiam 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. 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 a importância 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 1999 a 2018, quando outras alternativas seriam possíveis. 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 têm prioridade em relação 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 contrasenso em uma região como a Amazônia, onde as pessoas historicamente dependem da biodiversidade para seu sustento.

Diante deste cenário, a recomendação da literatura (ARAÚJO et al, 2007; CARNEIRO & MIGUEZ, 2011; MAGALHÃES, 2013; PESSOA & FAÇANHA, 2015) é que o planejamento da ocupação na cidade tome a bacia hidrográfica como unidade para criar a convergência urbanística e ambiental (ver figura 02). Para tanto, há necessidade de delimitação de sub-bacias, dentro das bacias formalmente reconhecidas e localizadas na área de expansão, 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.

Figura 02: Mapa de localização das bacias hidrográficas do município de Belém (Fonte: CODEM, 2014).



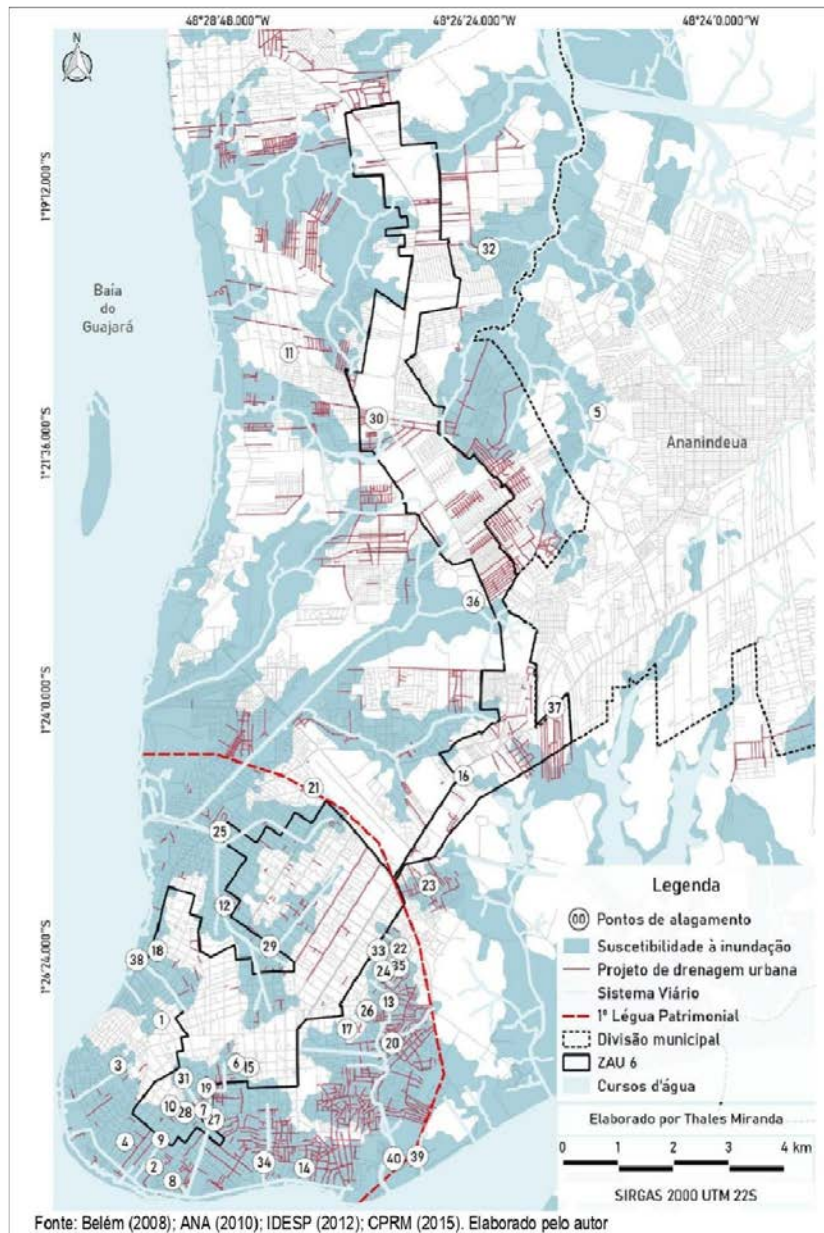
Como a urbanização das bacias hidrográficas da Segunda Léguas Patrimonial foi desarticulada pela complexidade do meio ambiente natural, houve ênfase nas práticas tradicionais de microdrenagem, definidas pela rede primária de dutos (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011). Ainda que houvesse provisão de infraestrutura para os conjuntos habitacionais e loteamentos privados, a implantação da microdrenagem e pavimentação viária nos arredores era limitada, enquanto os interstícios entre os conjuntos foram ocupados informalmente, sem apoio público ou atendimento de legislação.

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, localizadas integralmente na área de expansão, e são majoritariamente ocupadas por assentamentos precários quanto ao acesso à infraestrutura (PEREIRA, 2008).

Predomina a visão técnica tradicional de canalização e aterramento dos cursos d'água, solução que apenas transfere o volume de água para outro ponto da bacia. Miranda (2020) informou que em Belém a inundação é agravada pelo regime das marés, e que 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. A Figura 03 apresenta as manchas de alagamento da cidade com a sinalização das áreas atendidas por rede de drenagem, observa-se que 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 03: Carta de suscetibilidade à inundação para o território de Belém com pontos de alagamento para março de 2020 (Fonte: MIRANDA, p. 155, 2020).



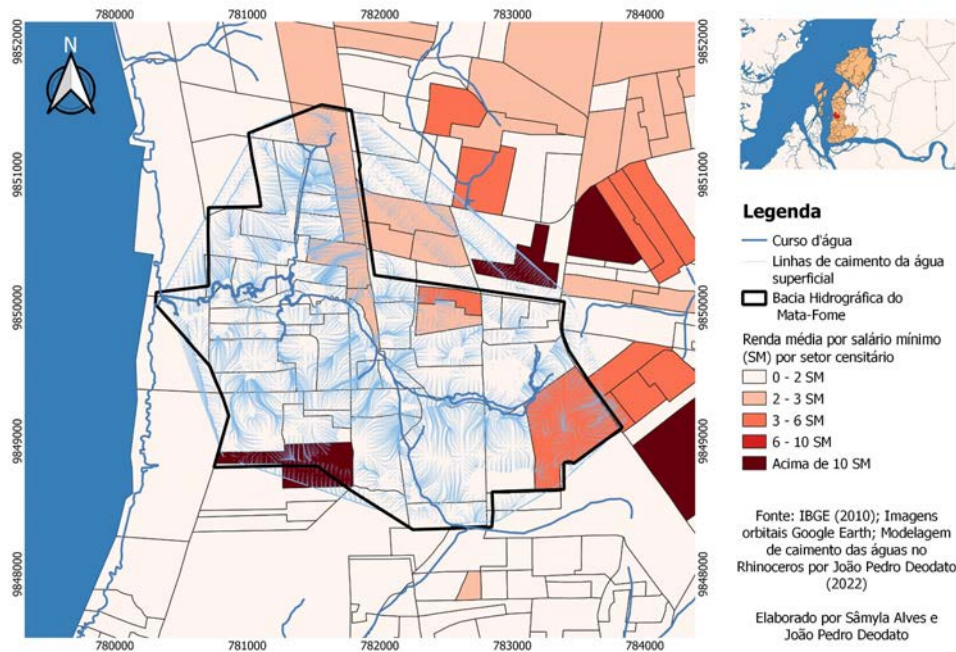
Neste contexto,   evidente que as soluções de infraestrutura e, especialmente, de saneamento devem ser planejadas de forma a integrar os processos sociais e ambientais, principalmente no que diz respeito aos rios urbanos. As infraestruturas convencionais não são eficientes e adequadas, por não resolver os problemas de enchentes e alagamentos, 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 rela o das pessoas com essa paisagem e a cultura habitacional das mesmas são mais adequadas para a gestão dos rios urbanos em contexto urbano, e que há urgência em devolver a capacidade de infiltra o de água, por meio de tecnologias baseadas na natureza (NEU, 2022).

Caracteriza o 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 conforme o avanço da ocupação informal e consolidação do bairro popular.

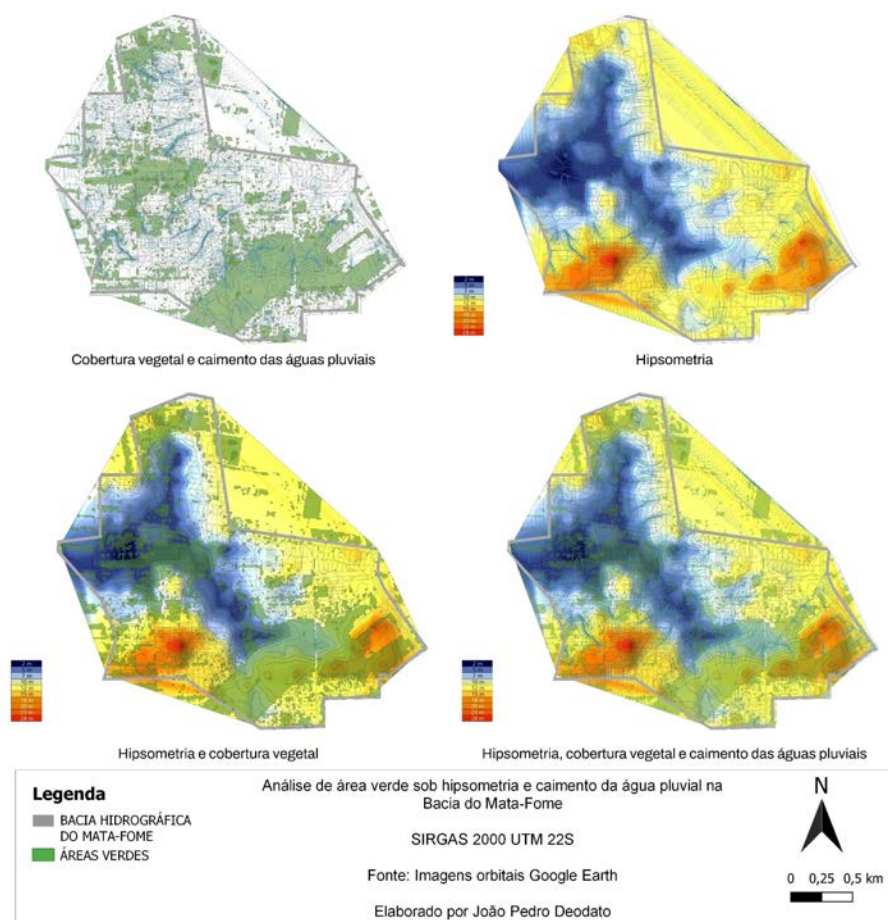
A bacia é delimitada a oeste pela Baía de Guajará e faz fronteira com as bacias do Cajé, ao norte, Val-de-Cans, ao sul, e do Maguari, ao leste. Possui uma área de aproximadamente 6,6 km² e conta com população de 66.418 por ocasião do censo do IBGE (2010). É composta por 5 canais fluviais, dos quais destaca-se 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 4).

Figura 04: Renda média por salário mínimo (SM) por setor censitário para a Região Metropolitana de Belém (Fonte: IBGE 2010 e Modelagem de caimento das águas no Rhinoceros por João Pedro Deodato, 2022).



Na área existem diferentes tipologias de ocupação do solo: palafitas e construções sobre pilotis, casas de alvenaria; e quanto ao uso, além das habitações individuais há serviços e comércios de médio porte e loteamentos habitacionais. Silva e Rodrigues (2019) identificaram que entre os anos de 2006 a 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 05). 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 05: Análise de área verde e caimento das águas pluviais sob hipsometria na Bacia do Mata-Fome (Fonte: Modelagem de caimento das águas no Rhinoceros por João Pedro Deodato, 2022 e elaborado por Sâmyla Blois).



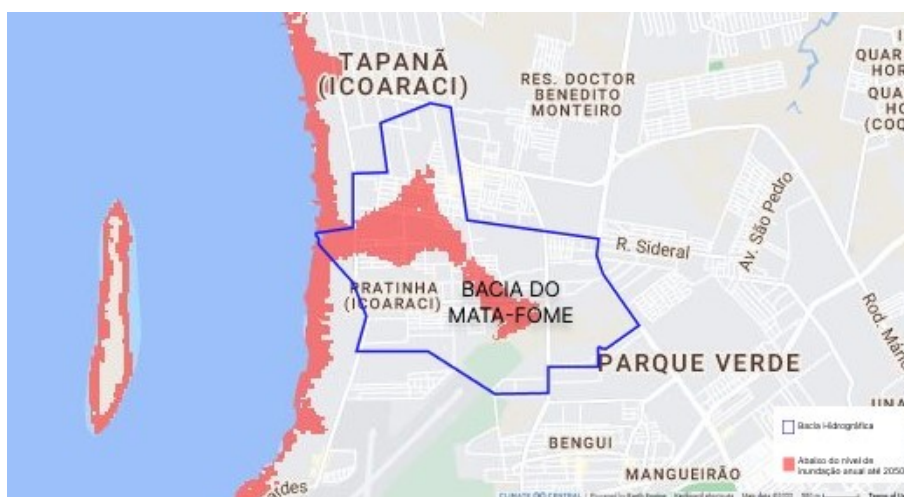
Atualmente, o fluxo do escoamento das águas pluviais na bacia, realizado por microdrenagem, sai das áreas de cota altimétrica mais altas em direção às cotas mais baixas (Figura 05), um movimento que é natural, mas prejudicado pela insuficiência de áreas vegetadas e permeáveis nas áreas de cotas mais 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, 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; OLIBERAL, 2020). 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 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.

a. 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 05), seja submersa, se ocorrer o aumento de temperatura global de 1,5°C, inundando permanentemente o que hoje representa a mancha de alagamento (Figura 06).

Figura 06: Simulação de Terrenos que estarão abaixo do nível de inundação anual em 2050 (Fonte: Climate Central, 2022).



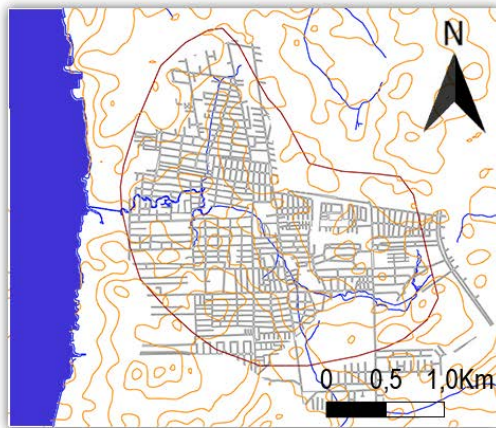
Diante desta tendência, a falta de cobertura vegetal, a poluição nos rios urbanos e a insuficiência de serviços ecossistêmicos na região, agravarão os riscos associados às mudanças climáticas na bacia. Neste sentido, as populações que hoje já sofrem com a falta de infraestrutura urbana, saneamento básico, 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 $2,42 \times 10^6 \text{m}^3$ que será absorvido pelo Rio Mata-Fome, potencializando o alagamento de sua planície de alagamento. Este fato destaca a importância contribuição das marés altas para a concepção de soluções para os alagamentos periódicos observados na Bacia do Mata-Fome.

b. 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 (Fig. 07).

Figura 07: Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome (Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros® por Tainah Carvalho; elaborado por Tainah Carvalho).

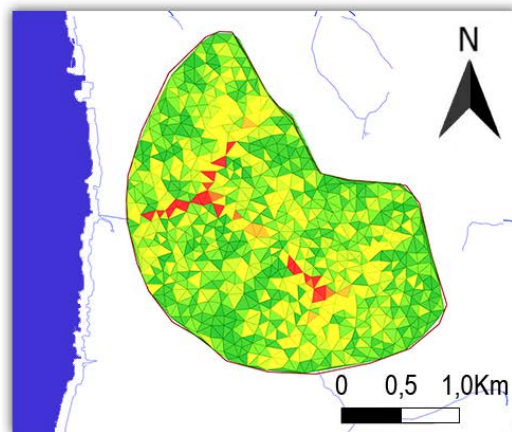
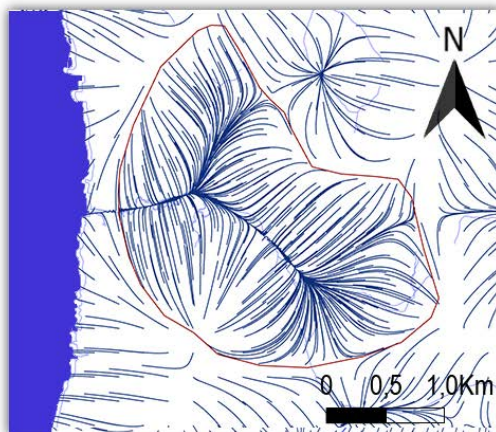


Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome Belém-PA.

Legenda:

- Curvas de Nível
- Cursos D'água
- Logradouros
- Representação Caimento Pluvial
- Área de Impacto Pluvial
- Região com tendência a acúmulo pluvial (vermelho: maior tendência; verde: menor tendência)

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

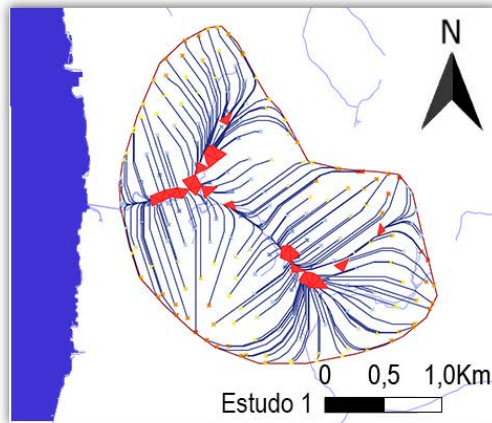


Após a delimitação da área de acúmulo pluvial, uma segunda sequência de simulações foi realizada, para aprofundar o detalhamento da área de impacto.

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 chega a 1.310m, na região da ilustração onde a cor laranja é mais intensa.

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 08), os triângulos com uma tonalidade de azul mais escuro indicam onde a água tende a se acumular; e este dado visual é útil para se entender melhor qual seria a localização ideal para a instalação de equipamentos/ soluções de infraestrutura.

Figura 08: Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome (Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros® por Tainah Carvalho; elaborado por Tainah Carvalho).



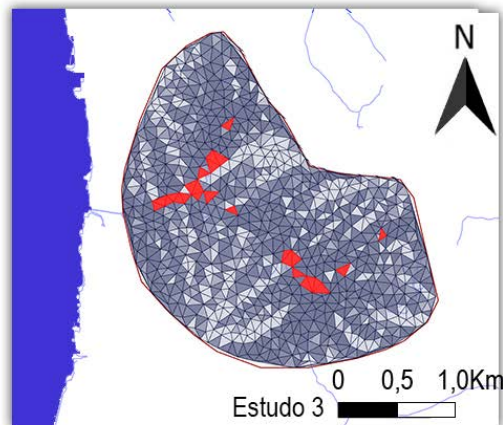
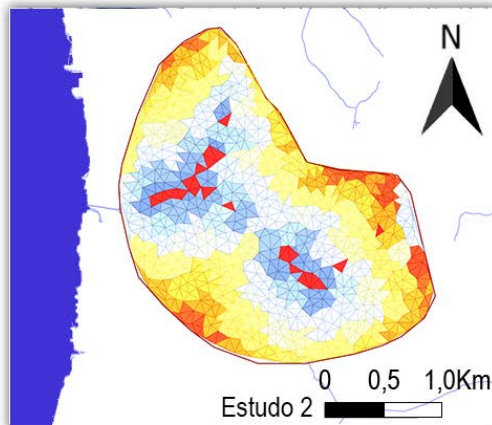
Análise da Área de Impacto Pluvial na Bacia do Mata-Fome Belém-PA.

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.



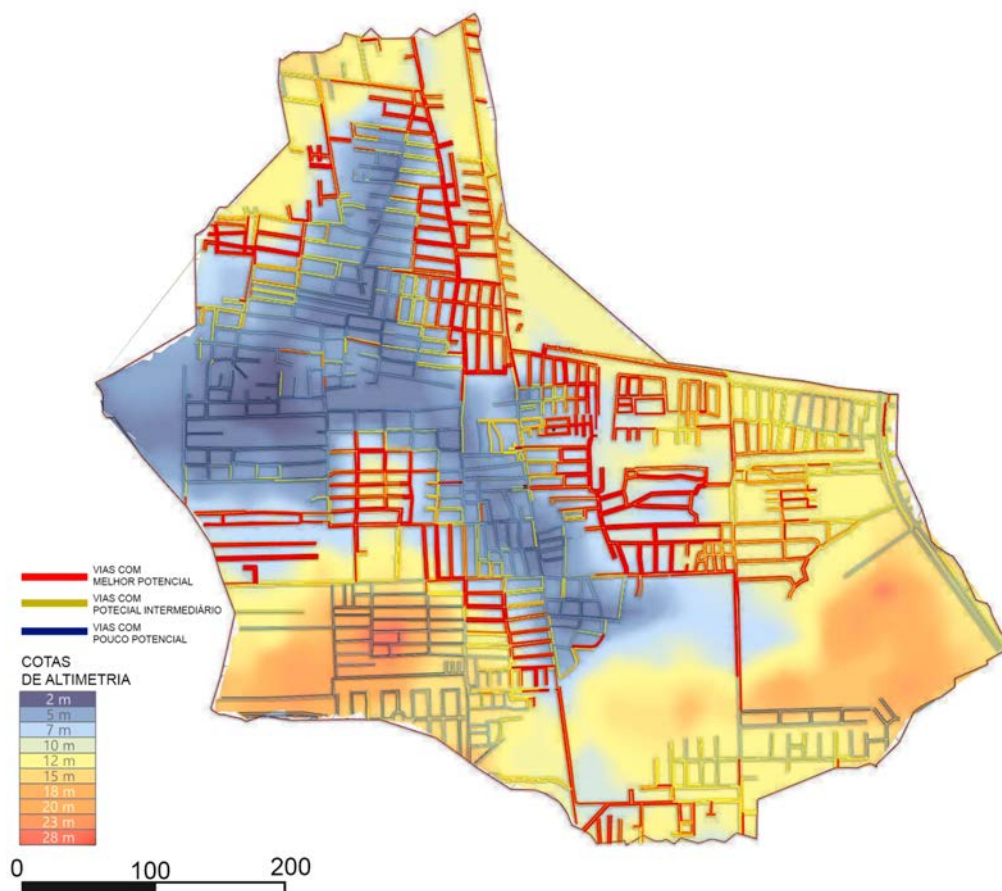
A modelagem também gera a equação empírica para o cálculo do escoamento superficial na área de impacto estudada (Fig. 09). A equação permite o cálculo do volume de demanda de reservação ou absorção desta água por parte dos equipamentos de infraestrutura e tem como resultado um valor em litros por hora (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) (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.

Figura 09: Equação de escoamento superficial (Fonte: Silva et al., 2013).

$$R = (A \times \alpha \times f) \div \Delta t$$

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 espacializados na Figura 10. Os resultados demarcam em vermelho as vias que seriam mais efetivas para receber infraestrutura verde, considerando aspectos topográficos e morfológicos da cidade; demarcam em amarelo 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, que 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 vá sistema.

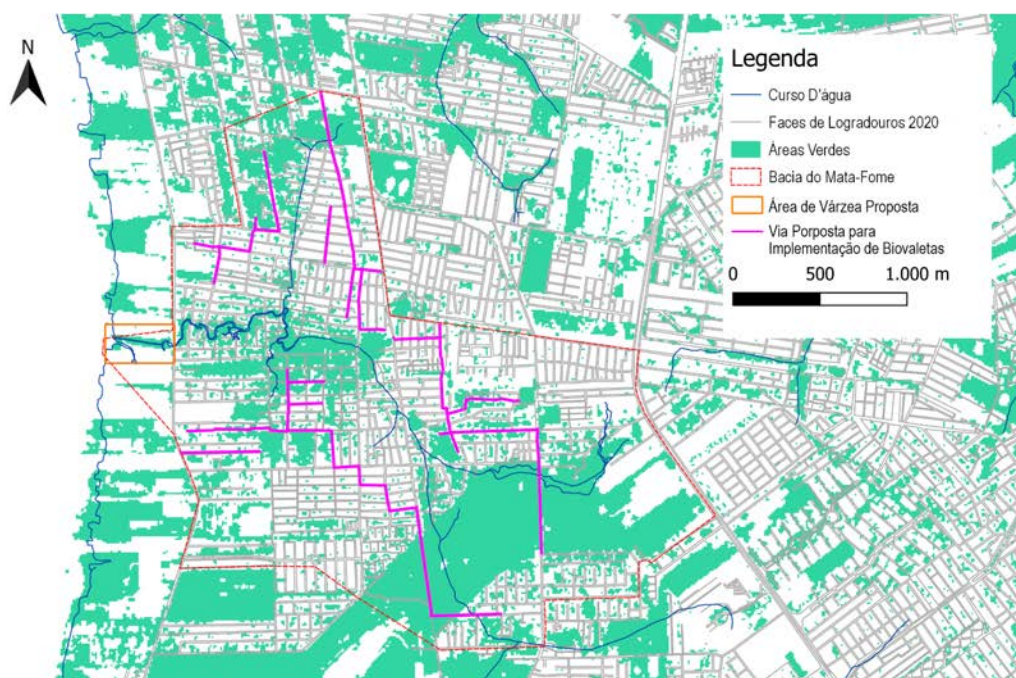
Figura 10: Análise do Potencial de Implantação de Infraestrutura Verde na Bacia do Mata-Fome (Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA e modelagem de caimento pluvial no Rhinoceros® por João Pedro Deodato Barreto; elaborado por João Pedro Deodato Barreto).



c. Propostas de atuação

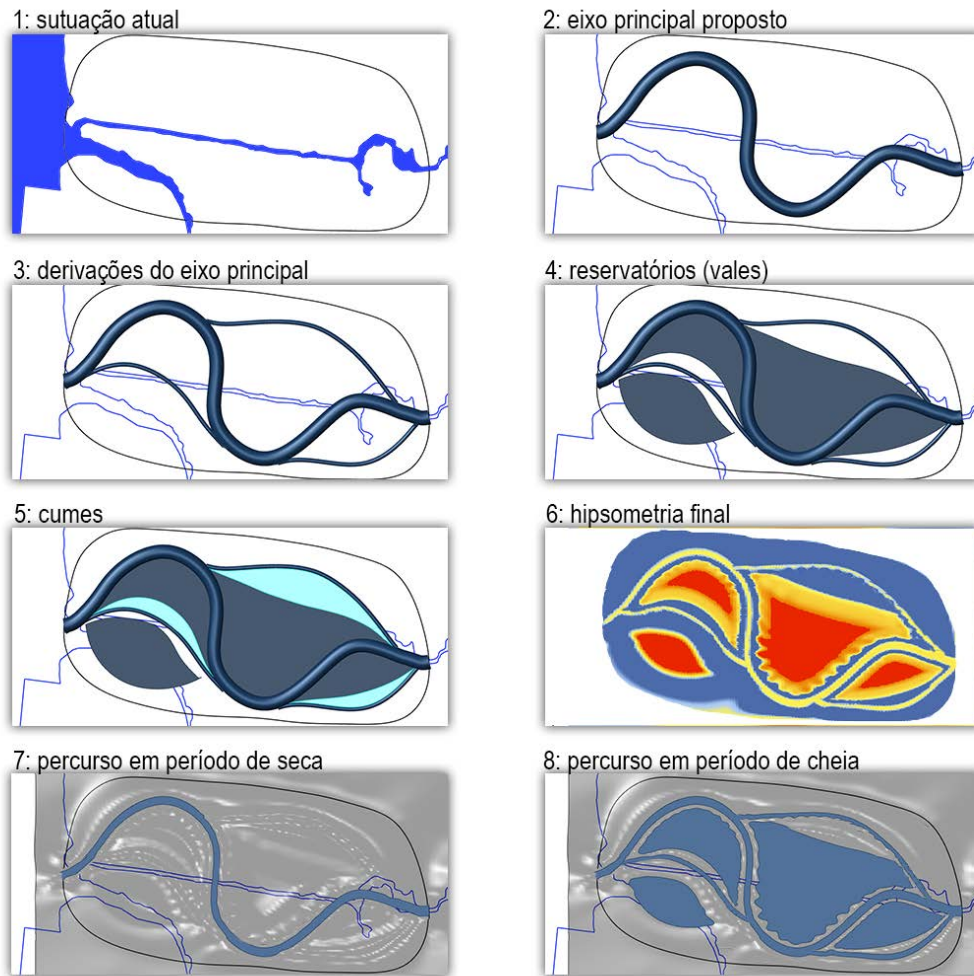
Diante do contexto, uma série de vias foram escolhidas como chaves para intervenção, devido ao seu porte, sua extensão e distribuição ao longo da área de impacto pluvial, tornando-as ideais para a implantação de biovaletas (Figura 11). Atualmente estas vias são bastante áridas, contam com calçadas de largura mínima, em comparação com a largura das faixas de rolamento destinadas aos veículos. No ponto do sistema estudado onde o igarapé encontra o mar, 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.

Figura 11: Indicação das vias de intervenção, marcação das biovaletas e da área de várzea proposta (Fonte: Laboratório de Geografia da UFPA; elaborado por Tainah Carvalho).



A figura 12 detalha a bacia de retenção (assinalada como área de várzea proposta na figura 11), eficiente infraestrutura verde para a retenção de parte da água proveniente da alta da maré na região, e artifício capaz de delimitar o lugar da água, e constituir uma atração paisagística. Essa área é constituída por um eixo principal 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 que poderiam servir para a acumulação de água da chuva, paralelos ao corpo hídrico principal; é possível planejar a utilização desses vales de modo a impedir que as águas invadam a comunidade. A figura 12 ilustra o passo-a-passo de elaboração de proposta de bacia de retenção, constituída por um corpo híbrido sinuoso, que respeita a topografia do território e que junto com as derivações de caminhos de água, proporciona a retenção da lâmina d'água e o equilíbrio entre infraestrutura verde e infraestrutura cinza, antes da principal avenida de acesso à área estudada.

Figura 12: 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 ficara 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. Elaborado por Tainah Carvalho.



Na figura 13 é possível localizar a área com potencial para criação da bacia de retenção, que foi desenhado a partir do algoritmo usado na modelagem, que seria um reservatório para a Bacia do Mata-Fome com capacidade de absorção de 124.486m^3 em período de cheia, e que seria um igarapé comum na época de seca.

Figura 13: Imagem ilustrativa da intervenção em período de cheia (Fonte: Google Earth, editado por Tainah Carvalho.).



Uma intervenção como essa seria executada sem o uso de concreto ou impermeabilização do local, mantendo a capacidade natural do terreno de absorver a água e de

secar. Os pontos-chaves 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.

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 melhor 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 não podem mais negar os efeitos dessas mudanças, e 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 em uma área como a da 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 de 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 também oferece a possibilidade de compreensão multiescalar da base biofísica da cidade, e a modelagem 3D facilita a visualização de processos de drenagem, principal fator de vulnerabilidade e risco para a população. A sobreposição destas informações físicas com camadas de dados cadastrais, que envolvem dados 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. E informam a 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 - a infraestrutura verde, apesar da paisagem da região indicar grande vocação para seu uso.

A abordagem proposta também procura 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, visto que a contribuição de águas envolve distâncias superiores a um quilômetro, e que isso articula diretamente tipologias de ocupação e perfis de renda diversos. 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 o 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 desde o plano de Nina Ribeiro (MUNIZ, 1904) 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 população da cidade.

Referências

ACSELRAD, Henri. Justiça Ambiental e 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. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230857069_The_Need_for_Landscape_Information_Modelling_LIM_in_Landscape_Architecture. Acesso em: 12 dez. 2022.

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. Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefi/x/372> > . Acesso em: < 15/03/2022 > .

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. l.],2010. Disponível

em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23124>. Acesso em: 11 ago. 2022.

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. Disponível em: <https://coastal.climatecentral.org/map/13/48.4471/-1.4341/?theme=sea_level_rise&map_type=year&basemap=roadmap&contiguous=true&elevation_model=best_available&forecast_year=2050&pathway=rcp45&percentile=p50&refresh=true&return_level=return_level_1&rl_model=gtsr&slr_model=k opp_2014>. Acesso em: 11 de ago. de 2022.

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. Disponível em: <www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf> Acesso em: 14/02/2022.

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. Disponível em: <<https://www.iucn.org>>.

JUSSARA, J. P. 30 mil famílias da bacia do Mata Fome aguardam obras de macrodrenagem. **Agência Belém**, 2022. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/moradores-do-entorno-da-bacia-do-mata-fome-e-convivem-com-poluicao-e-alagamentos-e-espera-mudancas-1.478646>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

LIMA, José Júlio. Conjuntos habitacionais e condomínios de luxo em Belém: duas tipologias em confronto. **Revista Arquitectos**, v. 27, n. 7, 2002. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.027/763>>.

MARINHA DO BRASIL. **Tábua de Marés 2023 PORTO DE BELÉM (ESTADO DO PARÁ)**. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/07-porto_de_belem_tabua_2023.pdf. Acesso em: 12 dez. 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, 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. Disponível em: <<https://laboratoriodacidade.org/2022/02/24/rios-urbanos-como-patrimonio/>>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

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. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/4042>. Acesso em: 14 ago. 2022.

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. Disponível em: <<https://laboratoriodacidade.org/2022/05/13/resiliencia-urbana-e-uma-belem-sustentave/>>. Acesso em: 14 de maio de 2022.
- 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, UAEA/UFPA, 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**. Disponível em: . Acesso em: 15 de abril de 2022.