

Diagnóstico e Partido de Projeto para Mitigação de Inundações em Realengo, Rio de Janeiro

Diagnosis and Design Party for Flood Mitigation in Realengo, Rio de Janeiro

Fiesta de Diagnóstico y Diseño para la Mitigación de Inundaciones en Realengo, Rio de Janeiro

Giulia Figueiredo Ferreira

Graduanda da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Brasil.
Giulia.ferreira@fau.ufrj.br

Aline Pires Veról

Engenheira Civil, Mestre e Doutora em Engenharia Civil pela UFRJ. Professora Adjunta da UFRJ. Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - PROARQ-FAU-UFRJ.
alinerol@fau.ufrj.br

Rodrigo Rinaldi de Mattos

Arquiteto e Urbanista, Mestre e Doutor em Urbanismo pela UFRJ, Professor Adjunto da UFRJ, Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Urbanismo - PROURB-FAU-UFRJ.
rodrigo.rinaldi@fau.ufrj.br

RESUMO

O processo de urbanização das cidades brasileiras provocou consequências como a impermeabilização excessiva do solo, as alterações das características naturais da bacia hidrográfica, a perda no potencial de uso das águas urbanas, a redução da biodiversidade, a modificação do ciclo hidrológico, assim como o desaparecimento dos rios da paisagem urbana. As cidades tornaram-se mais suscetíveis a cheias urbanas e danos ambientais, econômicos e sociais associados, que tendem a afetar sobretudo grupos sociais mais vulneráveis. Em vista disso, surge a demanda por abordagens sustentável para o manejo sustentável de águas pluviais, como as Infraestruturas Verdes e Azuis (IVAs), técnicas compensatórias com alto potencial de resgate do ciclo hidrológico e capazes de mitigarem os efeitos das inundações. Nesse sentido, este trabalho apresenta um diagnóstico das condições ambientais e urbanas em um recorte na Bacia Hidrográfica do Rio Acari além de propor um partido de projeto para requalificação urbana e ambiental no local. A metodologia empregada compreende a caracterização do território em diferentes camadas e escalas, mapeamento de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), avaliação de possíveis falhas da rede de drenagem urbana e identificando potencialidades e vulnerabilidades para aplicação de tipologias de IVA. O caso de estudo foi selecionado por representar uma área do Município do Rio de Janeiro ainda pouco explorada em estudos urbanos e arquitetônicos, marcada por deficiências na infraestrutura urbana e na oferta de serviços coletivos, com impacto na qualidade de vida da população mais vulnerável.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana sustentável. Mitigação de cheias urbanas. Infraestruturas Verdes e Azuis.

SUMMARY

The process of urbanization of Brazilian cities caused consequences such as excessive soil impermeability, changes in the natural characteristics of the watershed, loss of potential use of urban waters, reduction of biodiversity, modification of the hydrological cycle, as well as the disappearance of rivers in the urban landscape. Cities have become more susceptible to urban floods and associated environmental, economic and social damage, which tend to affect the most vulnerable social groups in particular. In view of this, there is a demand for sustainable approaches to the sustainable management of rainwater, such as Green and Blue Infrastructures (IVAs), compensatory techniques with a high potential for rescuing the hydrological cycle and capable of mitigating the effects of floods. In this sense, this work presents a diagnosis of the environmental and urban conditions in a section of the Acari River Basin, in addition to proposing a project for the urban and environmental requalification of the place. The methodology used comprises the characterization of the territory in different layers and scales, data mapping in the Geographic Information System (GIS), evaluation of possible failures in the urban drainage network and identifying potentialities and vulnerabilities for the application of VAT typologies. The case study was selected because it represents an area of the Municipality of Rio de Janeiro that is still little explored in urban and architectural studies, marked by deficiencies in urban infrastructure and in the provision of collective services, with an impact on the quality of life of the most vulnerable population.

KEYWORDS: Sustainable urban drainage. Mitigation of urban floods. Green and Blue Infrastructures

RESUMEN

El proceso de urbanización de las ciudades brasileñas provocó consecuencias como excesiva impermeabilidad del suelo, cambios en las características naturales de la cuenca, pérdida del uso potencial de las aguas urbanas, reducción de la biodiversidad, modificación del ciclo hidrológico, así como la desaparición de ríos en el paisaje urbano. Las ciudades se han vuelto más susceptibles a las inundaciones urbanas y los daños ambientales, económicos y sociales asociados, que tienden a afectar en particular a los grupos sociales más vulnerables. Ante ello, existe una demanda de enfoques sostenibles para la gestión sostenible del agua de lluvia, como las Infraestructuras Verdes y Azules (IVAs), técnicas compensatorias con un alto potencial de rescate del ciclo hidrológico y capaces de mitigar los efectos de las inundaciones. En ese sentido, este trabajo presenta un diagnóstico de las condiciones ambientales y urbanas en un tramo de la cuenca del río Acari, además de proponer un proyecto de rehabilitación urbana y ambiental del lugar. La metodología utilizada comprende la caracterización del territorio en diferentes capas y escalas, mapeo de datos en Sistema de Información Geográfica (SIG), evaluación de posibles fallas en la red de drenaje urbano e identificación de potencialidades y vulnerabilidades para la aplicación de tipologías de IVA. El estudio de caso fue seleccionado porque representa un área del Municipio de Río de Janeiro que aún es poco explorada en estudios urbanos y arquitectónicos, marcada por deficiencias en la infraestructura urbana y en la provisión de servicios colectivos, con impacto en la calidad de vida de la población más vulnerable.

PALABRAS CLAVE: Drenaje urbano sostenible. Mitigación de inundaciones urbanas. Infraestructuras Verdes y Azules

1 Introdução

O crescente impacto da urbanização sobre o ciclo natural da água é uma das principais causas para o agravamento das cheias urbanas. A impermeabilização do solo, a ocupação de áreas sujeitas a alagamentos, a canalização e a regularização de corpos hídricos são parte das ações humanas no ambiente natural que influenciam negativamente na resiliência das cidades às inundações (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). As práticas antrópicas provocam alterações nos padrões de drenagem natural, reduzindo a capacidade de infiltração e retenção das águas pluviais, sendo este processo intensificado ao longo do tempo. Dentre as consequências deste cenário, a retirada de vegetação natural, o assoreamento dos rios e o aumento do escoamento superficial contribuem para o acréscimo no risco de inundações.

No Brasil, especificamente, a urbanização se deu de modo acelerado, sem planejamento adequado ou com investimento suficiente em infraestrutura urbana, conforme o padrão identificado em países da periferia global (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). O crescimento desordenado das cidades e a ocupação irregular do solo provocaram graves implicações, como a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas ribeirinhas sujeitas a alagamentos, além da poluição de cursos d'água devido ao lançamento irregular de efluentes não tratados e resíduos sólidos por parte da população. A degradação de ativos naturais, associada à impermeabilização do solo urbano, provocam o aumento do escoamento superficial, assim como dos picos de cheia em eventos de chuva, acentuando alagamentos e inundações nas cidades (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

Em vista disso, surge a demanda por uma abordagem sustentável, capaz de restabelecer o equilíbrio entre ser humano e meio ambiente, minimizando os efeitos da urbanização. As soluções clássicas de engenharia, para gestão dos corpos hídricos e manejo das águas pluviais, baseadas em técnicas convencionais e na ideia de captar e encaminhar rapidamente a água da chuva para longe da ocupação urbana, ainda são predominantes, porém cada vez mais as propostas de drenagem sustentável ganham destaque. Uma nova concepção pautada em técnicas compensatórias, busca integrar o planejamento urbano ao desenvolvimento sustentável, tratando não apenas dos danos por eventos de chuva extremos, mas também os fatores que ocasionam as enchentes (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011). Logo, a construção de cidades resilientes, que convivem de forma harmônica com as cheias - evento natural e necessário - se tornou uma alternativa de grande relevância para a perpetuação da natureza e da vida humana.

Dentre as diferentes abordagens de drenagem sustentável empregadas atualmente, as Infraestruturas Verdes e Azuis (IVAs) são medidas com alto potencial de resgate do ciclo hidrológico e visando a mitigação de inundações. Este conceito relativamente recente, que ganha notoriedade no começo dos anos 2000 (HERZOG, 2013), reconhece os benefícios ambientais, econômicos e sociais gerados pelo ecossistema de áreas vegetadas e cursos d'água, como a redução do efeito de Ilha de Calor e regulação do microclima, as melhorias na qualidade do ar, a restauração ou estabelecimento de corredores de biodiversidade, e melhoria na gestão do escoamento de águas pluviais. Ademais, a combinação entre as IVAs e a infraestrutura cinza existente contribui para o aumento da resiliência das cidades, por meio do aumento na redundância e na segurança do sistema de drenagem urbana com consequente redução nos impactos da cheias urbanas (AHERN, 2011). Elas ainda podem ser empregadas como uma

ferramenta para conjugação de funções hidráulicas e usos associados a atividades esportivas, de lazer e de recreação. Neste sentido, elas possibilitam a criação de espaços multifuncionais, que apresentam extrema importância dentro do contexto de tecidos urbanos consolidados e densamente ocupados, como observado em uma extensa parcela da cidade do Rio de Janeiro.

A Bacia Hidrográfica do Rio Acari, localizada no Rio de Janeiro, é gravemente afetada por inundações devido ao seu elevado grau de impermeabilização e tecido urbano densamente ocupado. Dentro deste contexto urbano, a escolha de Realengo, bairro da Zona Oeste da cidade, como caso de estudo foi pautada na desigualdade de investimentos públicos em infraestrutura urbana e na conjuntura de vulnerabilidade socioambiental que impacta diretamente a qualidade de vida da população local. A deficiência, sobretudo, dos sistemas de saneamento básico na região é a principal causa para as recorrentes inundações que atingem a bacia, impactando as condições de habitação, a qualidade dos espaços livres públicos, as condições ambientais e a mobilidade urbana.

2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo elaborar um diagnóstico para um recorte de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Acari, no Município do Rio de Janeiro e, a partir deste, definir um partido para um projeto de requalificação urbana e ambiental, a ser desenvolvido em etapas futuras, com foco na implementação de medidas de drenagem urbana sustentável e mitigação de cheias urbanas.

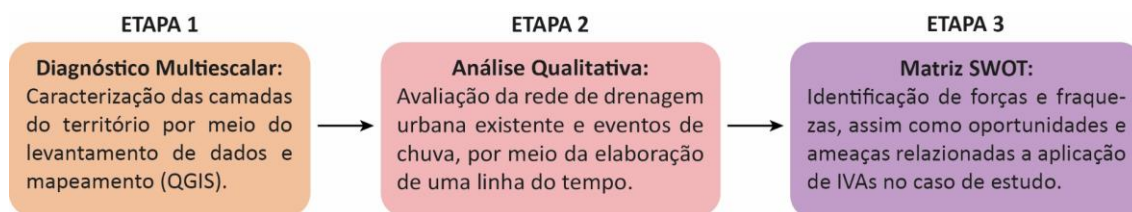
3 Método de análise

O método de análise adotado para a elaboração do presente trabalho consiste em três etapas. A primeira delas fundamenta-se no diagnóstico multiescalar, por meio da caracterização da Bacia do Rio Acari, com foco, principalmente, nos corpos hídricos que cruzam o Bairro de Realengo; a contextualização histórica, considerando a evolução urbana do bairro; e, por fim, a caracterização da situação atual do território quanto ao uso do solo, ao meio biofísico e às condições ambientais, ao saneamento básico, aos indicadores sociais e ao sistema de espaços livres. A análise das camadas do território para esta etapa de diagnóstico se apoia na utilização de fontes de dados oficiais, como IBGE, INEA, MPRJ e IPP (Plataforma Data Rio), além da utilização do *software* gratuito QGIS para elaboração de mapas em Sistema de Informações Geográficas (SIG). O Modelo de Células de Escoamento (MODCEL) foi empregado como ferramenta de simulação matemática hidrodinâmica, para avaliação das lâminas de inundação no contexto atual encontrado no bairro.

A segunda etapa abrange a avaliação das condições da rede de drenagem existente de Realengo e elaboração do histórico de inundações no bairro, por meio do levantamento de dados pluviométricos e informações em sites de notícia, páginas governamentais e institucionais, endereços eletrônicos de monitoramento e alerta de chuvas, assim como redes sociais.

De modo complementar, na terceira etapa foi desenvolvida uma matriz SWOT por meio da análise de possíveis forças, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas à aplicação de tipologias de IVAs no caso de estudo a fim de mitigar as inundações neste território. A Figura 1 indica, de forma esquemática, as etapas metodológicas previamente descritas.

Figura 1 – Etapas metodológicas aplicadas ao desenvolvimento do artigo



Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

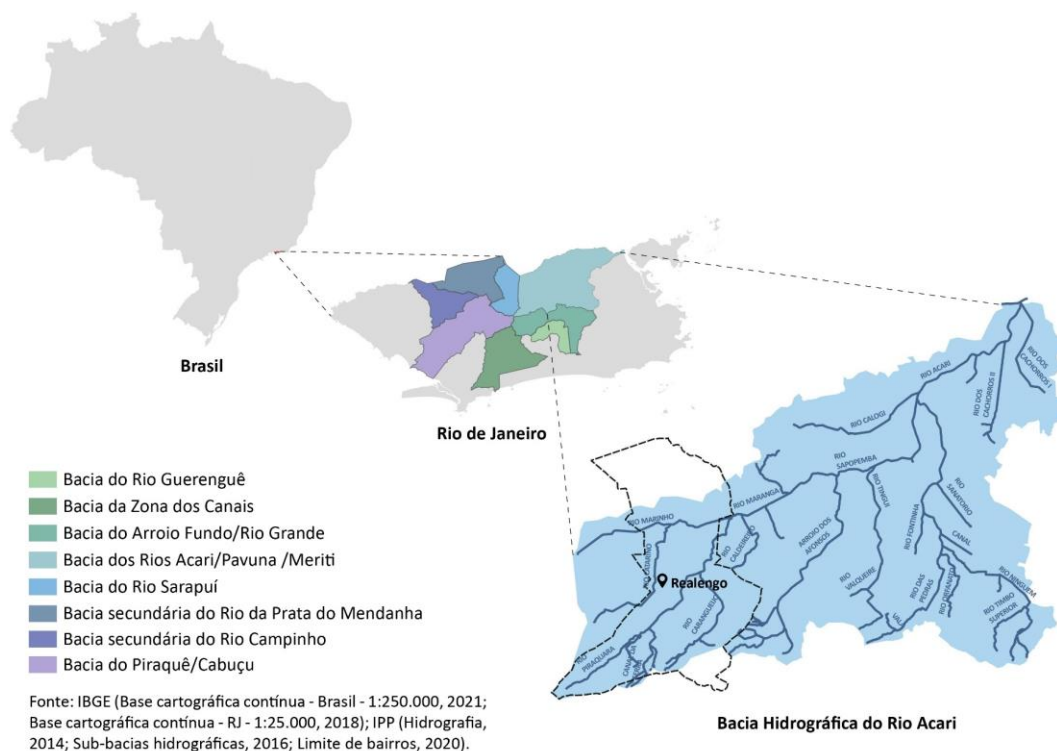
4 Resultados

4.1 Diagnóstico multiescalar do caso de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Acari (Figura 2) representa um território extenso e que se destaca dentro do contexto da cidade do Rio de Janeiro pelos problemas socioambientais que apresenta. Dentre eles, podem ser citados o padrão de ocupação observado nos bairros que a compõem, com elevado percentual de impermeabilização do solo; a ocupação irregular em áreas de várzea, sujeitas a cheias urbanas, assim como encostas, com consequente retirada de cobertura vegetal; o alto grau de assoreamento e contaminação dos cursos e massas d'água; o confinamento e a regularização da maioria dos corpos hídricos. Tais efeitos, causados pela forma de urbanização, que ocorreu desacompanhada de infraestrutura, caracterizam um quadro grave observado na bacia, que se reflete em um histórico de inundações frequentes e na conjuntura de intensa degradação ambiental e urbana (OLIVEIRA, 2018; GOMES, 2022). As inundações nesta bacia são um problema crônico que provoca danos socioeconômicos - os quais afetam aspectos como habitação, mobilidade e infraestrutura urbana -, e reduzem a qualidade de vida, sobretudo para grupos sociais mais vulneráveis. As perdas ocasionadas por eventos recorrentes de cheias urbanas nesta bacia acabam por se acumular ao longo do tempo, sem que a população, representada predominantemente pelas classes C e D, tenha chance de recuperação (GUIMARÃES, 2016).

Esta é uma das principais bacias que compõem a Macrorregião de Drenagem da Baía de Guanabara, apresentando uma área de contribuição superior a 140km² e uma complexa rede de macrodrenagem. Segundo o Plano de Manejo de Águas Pluviais do Rio de Janeiro (HIDROSTUDIO/FCTH, 2014), há uma variação abrupta de declividade neste território, visto que são observadas cotas com mais 900m de altitude, nas vertentes do Maciço da Pedra Branca situados em bairros da Zona Oeste da cidade, em oposição a áreas de planície situadas ao nível do mar. As consequências deste aspecto geomorfológico são a elevada velocidade dos cursos d'água e do escoamento superficial em áreas a montante da bacia, associados à grandes picos de vazão, tempos de concentração reduzidos, além de maior erosão das margens naturais e carreamento de sedimentos. Em contrapartida, o processo de assoreamento dos corpos hídricos, juntamente com o decréscimo da capacidade de escoamento dos mesmos, contribui para redução da velocidade das águas em áreas a jusante da bacia.

Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Acari



Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

Para o desenvolvimento deste artigo, foi escolhido como recorte de estudo o Bairro de Realengo, localizado em um trecho desta bacia hidrográfica denominado Bacia do Alto Acari, que apresenta mais de 25km² de extensão e possui tal denominação por representar a porção mais elevada da bacia, onde a ocupação urbana consolidada encontra-se entre cotas altimétricas de 60m e 30m (HIDROSTUDIO/FCTH, 2014). As áreas com cotas superiores a 100m correspondem a encostas não urbanizadas que estão sob proteção ambiental, pois constituem a Unidade de Conservação (UC) do Parque Estadual da Pedra Branca, criado em 1974 pela Lei Estadual nº 2.377 (RIO DE JANEIRO, 1974). Nela encontram-se as nascentes dos principais corpos hídricos presentes no bairro, os Rios Catarino, Piraquara, Carangueijo e Marinho.

A malha urbana possui grande influência sobre a morfologia dos corpos hídricos presentes no bairro, visto que, em seus trechos urbanos, estes encontram-se sujeitos à ação humana e a modificações como canalização, variação de seção, impermeabilização, retirada de vegetação e ocupação das margens, entre outras. Conforme observado por Bahiana (2022), os trechos não-urbanos, localizados no Parque, correspondem à única porção dos cursos d'água em que estes se encontram em estado silvestre, com água límpida, inclusive própria para banho nas cachoeiras do Parque Estadual da Pedra Branca, e com margens livres que apresentam cobertura vegetal e/ou arbórea. O caso do Rio Catarino talvez seja o mais grave, pois este sofre inúmeras interferências no seu curso, com alterações que restringem o escoamento, em razão de travessias que provocam relevante redução na largura da calha, como ocorre, por exemplo, em um determinado ponto em que este curso d'água trespassa a linha férrea que atravessa o bairro.

Os corpos hídricos que cruzam Realengo apresentam elevado grau de degradação ambiental, tendo suas águas coloração escura, com forte odor e proliferação aparente de

matéria orgânica - causado por lançamento irregular de esgoto *in natura* pelas residências que margeiam os rios -, além de alguns trechos assoreados e com acúmulo de lixo. A problemática quanto à ocupação das margens é consequência de um tecido urbano densamente ocupado - em especial no centro do bairro-, que se consolidou sem considerar o curso natural dos rios e a necessidade de áreas de várzea que recebiam os volumes referentes a cheias. Em trechos fluviais que atravessam aglomerados subnormais e/ou ocupações muito densas, observam-se passagens, acessos de edificações e até mesmo algumas casas construídas sobre o leito do rio.

Não há Áreas de Preservação Permanente (APP) definidas para o bairro, portanto as margens dos cursos d'água encontram-se desprotegidas e, por essa razão, observa-se um quadro geral de ocupação das faixas marginais em trechos urbanos, sobretudo por edificações residenciais implantadas em áreas suscetíveis às cheias urbanas. Ressalta-se mais uma vez o processo de ocupação do bairro, que não foi adequadamente acompanhado por investimentos em infraestrutura urbana, em especial para os sistemas de saneamento básico. Dois estudos recentes foram realizados para determinação da qualidade das águas do Rio Catarino (ALVES, 2015) e dos Rios Piraquara e Carangueijo (MARTINS; DE AZEVEDO; FIGUEIREDO, 2017), evidenciando o cenário de degradação ambiental destes cursos d'água, em vista do despejo doméstico de efluentes não-tratados por ausência de saneamento básico adequado.

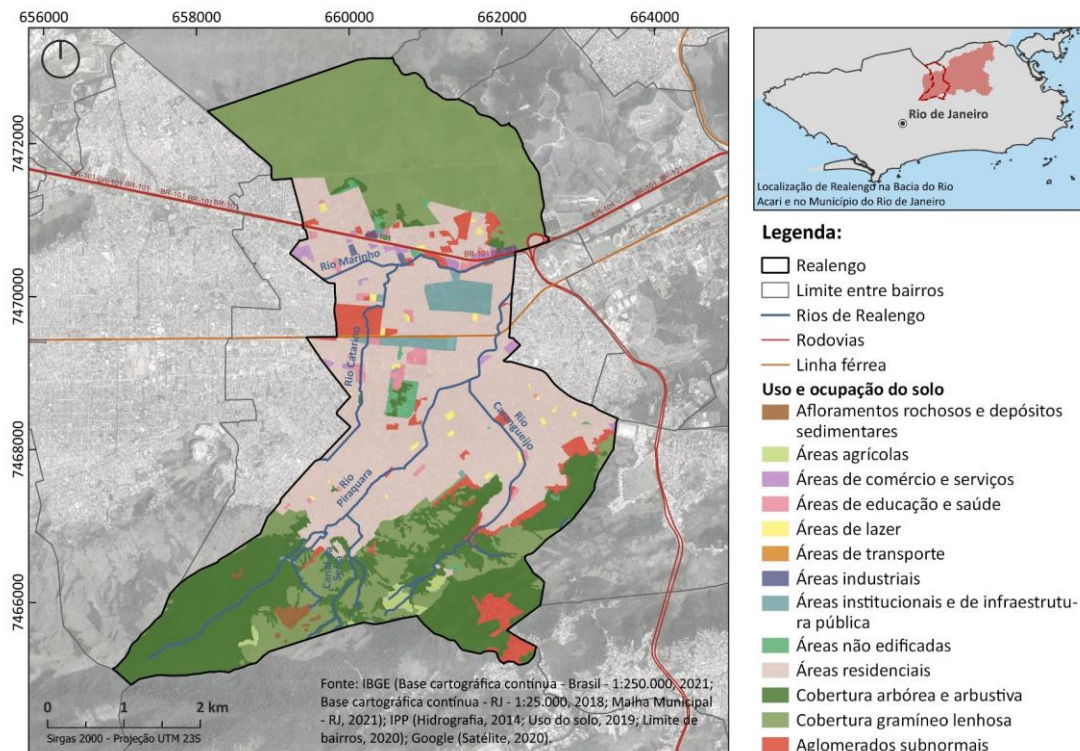
Realengo apresenta um elevado grau de urbanização e, conseqüentemente, de impermeabilização do solo, conforme observado na Figura 3. Esta também apresenta a cobertura vegetal, caracterizada por grandes manchas nas bordas sul e norte do bairro, que correspondem às Áreas de Proteção Ambiental estabelecidas pelo zoneamento urbano. No interior do bairro, há uma parcela ínfima de áreas com vegetação arbórea não florestal e vegetação gramínea-lenhosa, representadas por terrenos ociosos, livres de edificações, e áreas sob jurisdição do Exército. Identifica-se, portanto a demanda por áreas verdes e permeáveis, capazes de contribuir para o sistema de drenagem por meio de suas funções de infiltração e retenção de águas pluviais. Além disso, percebe-se que Realengo é um bairro árido, cuja geomorfologia e carência de cobertura vegetal contribuem para elevadas temperaturas e baixa umidade do ar.

A evolução urbana de Realengo está intimamente ligada à ocupação do Exército Brasileiro neste território, ainda no século XIX. A região onde hoje o bairro se encontra correspondia a uma área rural, que, em 1857, foi eleita como novo local de sede da Escola Militar do Brasil, passando a receber investimentos e diversas obras para instalação da instituição (VIANA, 2010). Em 1898, foi inaugurada a Fábrica de Cartuchos e Artíficos de Guerra, que juntamente com Escola Militar foram responsáveis pela urbanização de áreas públicas cedidas ao Exército, promovendo o parcelamento do solo, a abertura de vias, a criação de praças e parques, o abastecimento de água, a coleta de esgoto e lixo, a criação de escolas e instituições de saúde, entre outros serviços prestados. Ambas as instituições militares tiveram grande influência sobre o desenvolvimento do bairro, visto que elas representavam o Poder Público, ausente em territórios mais afastados do centro da cidade.

Paralelamente, a presença militar atuou como uma barreira à expansão urbana, delimitando áreas destinadas à reserva de terras *non aedificandi* que eram necessárias às atividades do exército, e que hoje se configuram como espaços livres de grandes dimensões, que se mantêm parcial ou completamente vegetados e permeáveis. O crescimento demográfico de Realengo foi se intensificando ao longo das décadas, tendo início um processo de favelização no bairro entre 1970 e 1980, sobretudo em áreas limítrofes às instalações abandonadas da Fábrica de Cartuchos e à Escola Militar, em função das tensões entre o adensamento construtivo

e demográfico em Realengo e a impossibilidade de ocupação de terrenos pertencentes ao Exército, como por exemplo, no local onde hoje se encontra a Vila Vintém.

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo de Realengo



Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

Atualmente, Realengo ainda apresenta um predomínio do uso habitacional, que corresponde a cerca de 37% deste território. Observa-se, entretanto, uma diversidade de usos em alguns pontos, em especial próximos às principais vias que cortam o bairro e fazem conexão com demais áreas da cidade. A Avenida de Santa Cruz e a Rua Bernardo de Vasconcelos são duas vias importantes, que estruturam a ocupação do solo e a consolidação do tecido urbano, situadas no local de ocupação inicial de Realengo. As áreas de lazer encontram-se dispersas por Realengo e correspondem a apenas 0,5% do território. Tais espaços correspondem a praças, em sua maior parte, alguns campos de futebol e nenhum parque urbano. Destaca-se, ainda, a carência de espaços deste tipo principalmente no miolo do bairro, que corresponde ao centro histórico e à ocupação mais antiga e consolidada de Realengo.

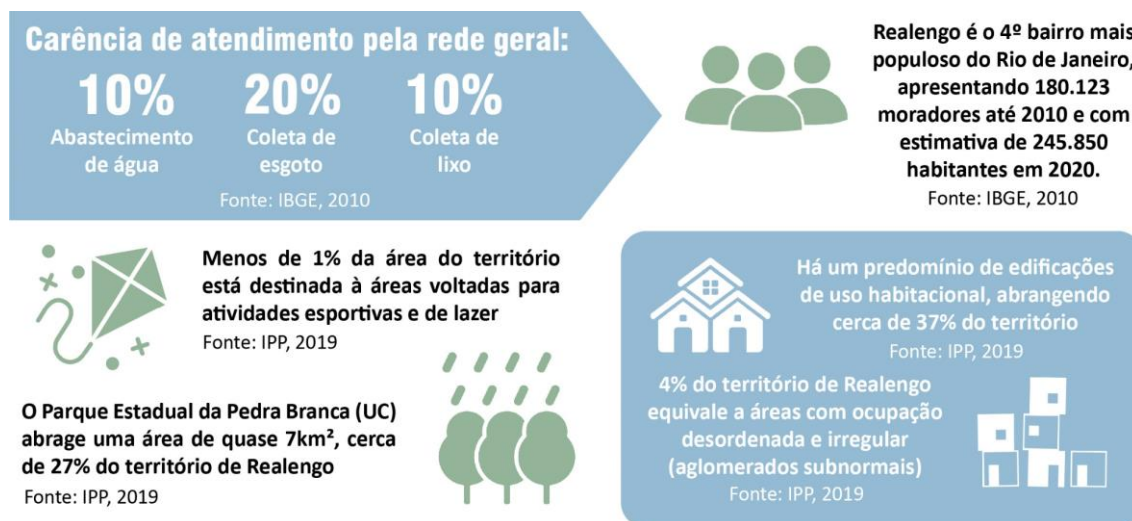
Possíveis interferências entre os sistemas de saneamento básico sobre a rede de drenagem urbana em Realengo foram analisadas e, embora as taxas de atendimento para coleta de esgoto e resíduos sólidos aparentem atender de modo satisfatório a demanda local, ambos os indicadores são calculados com base somente em ligações da rede geral de esgoto ou drenagem e na coleta por serviço de limpeza ou colocação em caçambas (IBGE, 2010). Logo, as ligações prediais irregulares com lançamento de efluentes não tratados nos corpos hídricos do bairro e a disposição de resíduos sólidos em local inapropriado não são consideradas, criando-se um falso contexto de equilíbrio no funcionamento desses sistemas. Segundo diagnóstico realizado pela Prefeitura do Rio de Janeiro (PCRJ, *s.d.*), a implementação pouco integrada dos serviços de esgotamento sanitário pela Águas do Rio (em âmbito Estadual) e pela Rio-Águas (em âmbito municipal), compromete o funcionamento do sistema de saneamento básico na Zona

Oeste do Rio de Janeiro, onde o Bairro de Realengo se encontra. Ademais, o sistema de esgotamento é deficiente e não suporta eventos de chuvas intensas, estando sujeito a colapsos frequentes que contribuem para a exposição dos habitantes a águas e resíduos contaminados (Moreira, 2015).

Os espaços livres públicos de Realengo são compostos principalmente por praças (cerca de 20) e campos de futebol (aproximadamente 10), estando muitos deles situados próximos aos cursos d'água do bairro. Tais espaços equivalem às áreas vegetadas, que ainda mantêm relevante percentual de permeabilidade e capacidade de retenção de águas pluviais. O Parque Estadual da Pedra Branca representa uma parcela considerável das áreas verdes e de infiltração em Realengo, além de se caracterizar como um ponto de conexão com demais espaços livres da região, por meio do sistema viário. Este é um importante vetor de atração de pessoas que buscam realizar atividades de lazer, turismo ecológico, trilha ou tomar banho de cachoeira, visto que há um acesso no bairro, pela Rua do Governo, para o Núcleo Piraquara.

Há, ainda, uma parcela de espaços livres privados, que de modo geral mantêm pavimentação permeável, além da existência de extensas áreas livres de edificações sob a gestão do Exército, que se encontram no centro histórico do bairro, e atualmente apresentam uso restrito e reduzido. Estas apresentam grande potencial para intervenção, podendo ser revertidas em espaços livres públicos multifuncionais, como praças, quadras esportivas, e/ou anfiteatros rebaixados. A utilização de tipologias de IVAs nesses terrenos promoveria benefícios para toda a bacia hidrográfica, como: redução do escoamento superficial; prolongamento do tempo de entrada das águas pluviais no sistema de microdrenagem; aumento da infiltração do solo urbano, por meio da criação de áreas vegetadas e permeáveis; acréscimo no armazenamento em espaços livres multifuncionais (VERÓL, 2012; HERZOG, 2013). Dessa forma, tais espaços poderiam contribuir para o manejo sustentável de águas pluviais e ainda atender a demanda local por áreas livres para atividades recreativas, esportivas, de lazer e permanência. A Figura 4 sintetiza as informações levantadas e discutidas nesta etapa.

Figura 4 – Síntese do Diagnóstico de Realengo

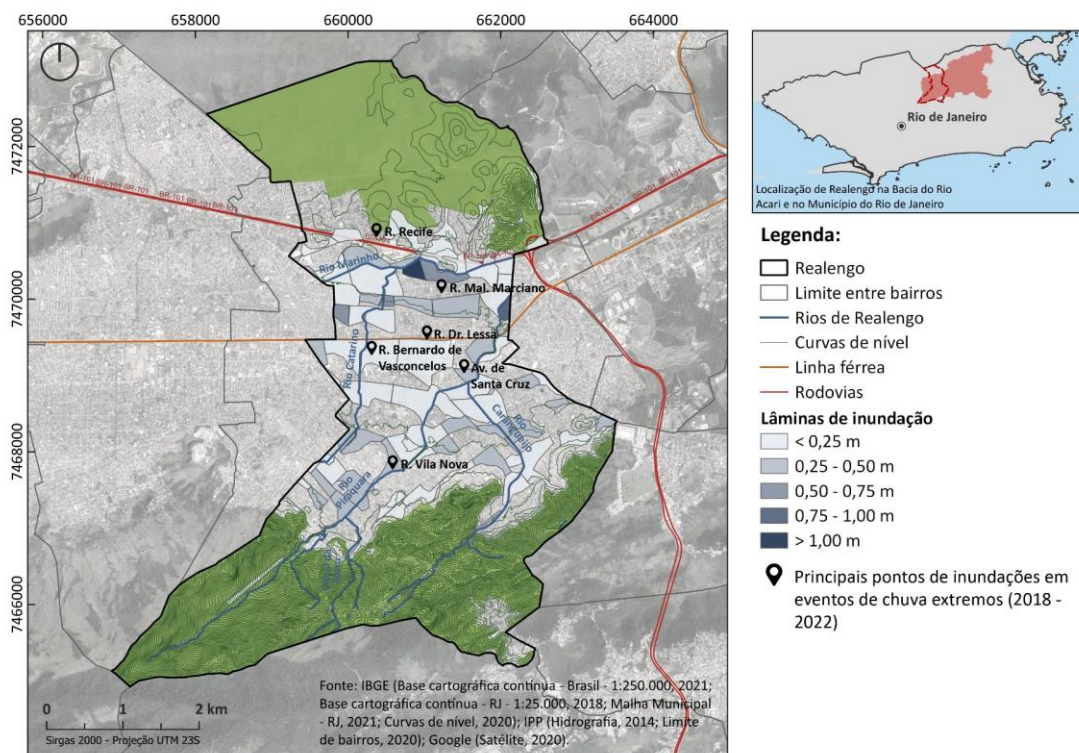


Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

4.2 Análise qualitativa da drenagem urbana e de eventos de cheias em Realengo

A caracterização das condições de drenagem em Realengo foi realizada com base na modelagem matemática realizada por Oliveira (2018) para a Bacia Hidrográfica do Rio Acari, por meio do *software* MODCEL. O Modelo de Células de Escoamento (MODCEL), desenvolvido por Miguez (2001), é um modelo hidrodinâmico Quasi-2D que tem por objetivo representar o espaço urbano por meio de compartimentos homogêneos, as células de escoamento, que representam toda a superfície da bacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2018). O autor considera tempo de recorrência de 25 anos para a chuva aplicada sobre as células de escoamento e condições de contorno da bacia hidrográfica, além de duração de chuva equivalente a 5 horas, conforme tempo de concentração estimado para esta bacia (OLIVEIRA, 2018). Segundo diagnóstico de Oliveira (2018), para a de Realengo são observadas lâminas inundações com mais de 1m de altura próximas ao ponto de encontro entre os Rios Marinho e Catarino, assim como na área mais a jusante da bacia do Rio Piraquara, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de lâminas de inundações em Realengo



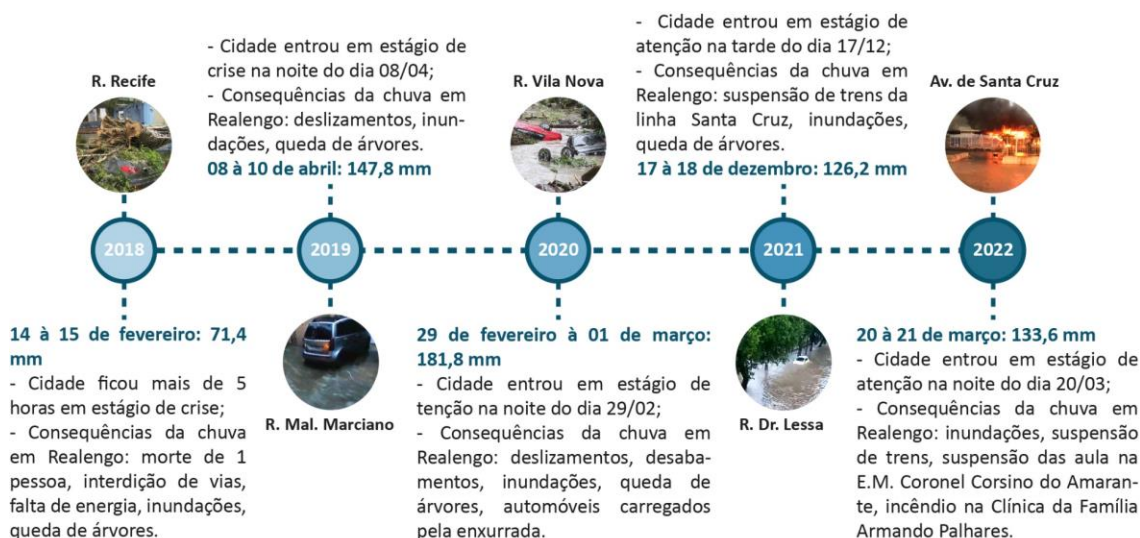
Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

O PDMAP (HIDROSTUDIO/FCTH, 2014) também identifica os principais pontos de inundação em Realengo, segundo áreas de influência de cada um dos corpos hídricos presentes neste território. O Rio Piraquara não apresenta pontos críticos de inundação no bairro, porém sua bacia colabora com a formação de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Acari. Os rios Catarino Carangueijo também apresentam pontos de inundação, que são ocasionados por falhas tanto na rede de microdrenagem como de macrodrenagem, uma vez que foram identificadas deficiências causadas pela insuficiência da rede de drenagem existente, além de interferências causadas pelos demais sistemas de saneamento básico (ALVES, 2015; MOREIRA, 2015; MARTINS; DE AZEVEDO; FIGUEIREDO, 2017). Ademais, os trechos urbanos dos cursos d’água

encontram-se altamente assoreados e apresentam capacidade hidráulica reduzida - devido à canalização e retificação -, com calha principal que apresenta largura variável entre 2,5m e 15m.

Paralelamente, foi realizado um levantamento de eventos de chuva de maior intensidade nos últimos anos, considerando o período entre 2018 e 2022, e identificadas as áreas mais afetadas por inundações. Esta etapa foi desenvolvida por meio de pesquisas em sites de notícia, páginas governamentais e institucionais, redes sociais, assim como páginas eletrônicas de monitoramento e alerta de chuvas. Os dados pluviométricos dos eventos apresentados foram coletados de relatório técnicos desenvolvidos pela Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GeoRio), com base na precipitação máxima em acumulado para a estação pluviométrica de Bangu (PCRJ, 2018; 2019; 2020; 2021). A análise ainda foi baseada na vivência de um dos autores, que conhece os pontos do bairro que costumam ser afetados por inundações, incluindo as vias que sofrem com cheias urbanas mais frequentemente, como a Rua Bernardo de Vasconcelos, e os impactos locais sobre demais sistemas urbanos, como mobilidade, atividades comerciais e de serviço, habitação e educação. A Figura 6 apresenta o resultado deste levantamento, ressaltando-se que os pontos nela apresentados podem ser visualizados na Figura 5.

Figura 6 – Linha do tempo com principais eventos de chuva extremos entre 2018 e 2022



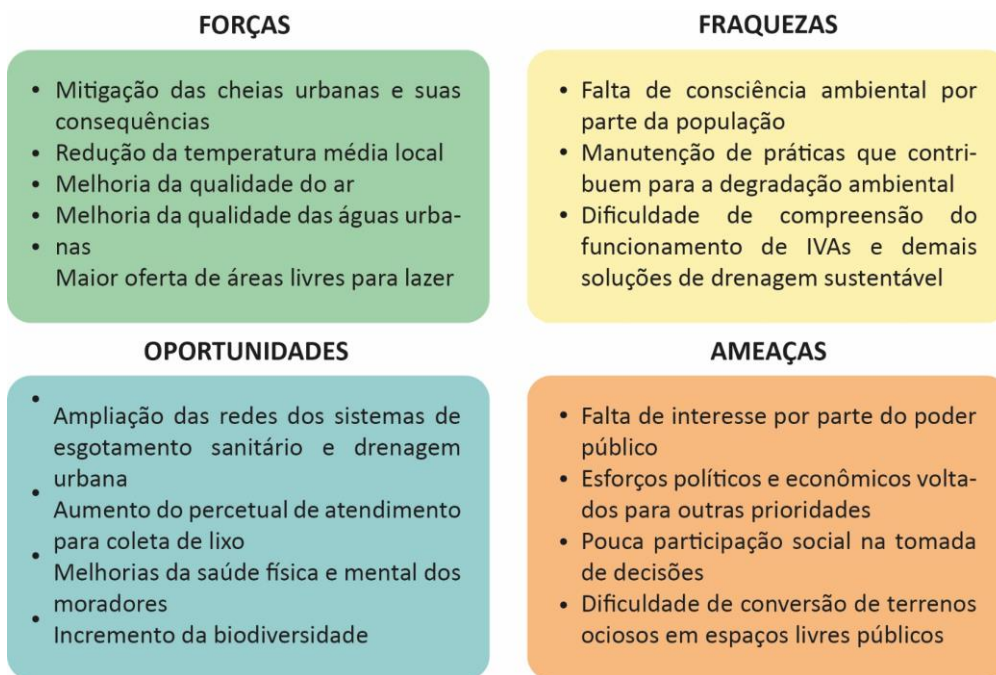
Fonte: Relatórios anuais de chuva para a cidade do Rio de Janeiro - precipitação máxima em acumulado para a estação pluviométrica de Bangu (PCRJ/GEORIO, 2018; 2019; 2020; 2021); "Chuva recorde no Rio causa 4 mortes e deixa estragos e desalojados". G1, 15 de fevereiro de 2018; "Chuva forte causa deslizamentos, morte e deixa o Rio em estágio de crise". G1, 8 de abril de 2019; "Chuva forte deixa ao menos quatro mortos no Rio de Janeiro". Folha de S.Paulo, 8 de abril de 2019; "Moradores de Realengo tentam recuperar pertences após chuva; caminhão foi parar em córrego". G1, 2 de março de 2020; "Realengo, na Zona Oeste, teve chuva acima do esperado para todo o mês em menos de 24 h, diz meteorologista". G1, 1º de março de 2020; "Temporal deixa Rio em estágio de atenção, alaga ruas e leva à suspensão da circulação de trens". G1, 17 de dezembro de 2021; "Defesa Civil do Rio registra 33 chamados por causa das fortes chuvas que atingiram a cidade". Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - prefeitura.rio, 21 de março de 2022; "Temporal no Rio: lama e esgoto invadem casas e causam prejuízos a moradores na Zona Oeste". G1, 21 de março de 2022; "Após forte chuva, incêndio atinge Clínica da Família em Realengo". Metrôpoles. 20 de março de 2022.

Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

4.3 Matriz SWOT

Tendo em vista as etapas futuras da pesquisa, nas quais se pretende aplicar Infraestruturas Verdes e Azuis em um projeto de intervenção urbana no recorte de estudo, foi elaborada uma matriz SWOT a partir da análise de forças e fraquezas, considerando, portanto, fatores internos e controláveis, assim como oportunidades e ameaças, ponderadas como fatores externos, que vão além da competência do projeto. O resultado desta matriz está compilado na Figura 7.

Figura 7 – Matriz SWOT para aplicação de IVAs



Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

Como principais forças, destacam-se os benefícios promovidos pelas Infraestruturas Verdes e Azuis (IVAs), cumprindo o papel de mitigação de cheias urbanas na escala do bairro e ainda melhorando o cenário das lâminas de inundação no restante da bacia. Ademais, melhorias no microclima, na qualidade do ar e das águas urbanas também são vantagens relevantes para o emprego desta abordagem de drenagem sustentável.

Quanto às oportunidades, foram identificados a possibilidade de melhoria e ampliação das redes existentes de drenagem urbana e esgotamento sanitário, assim como o manejo adequado de resíduos sólidos. Ademais, a maior disponibilidade de espaços livres multifuncionais pode contribuir para uma vida urbana ativa e mais saudável, acarretando em melhorias na esfera de saúde pública. Já a biodiversidade é um benefício que pode ser alcançado a longo prazo, a partir do incremento das áreas verdes e permeáveis da cidade e por meio da requalificação ambiental de corpos hídricos e do ambiente urbano, propiciando novas funções aos espaços livres ociosos e viabilizando o surgimento novas espécies vegetais e animais.

Em relação às fraquezas, os principais entraves para implementação e/ou manutenção de projetos com foco no manejo sustentável de águas pluviais diz respeito à falta de consciência ambiental, especialmente dos habitantes. Observa-se uma questão cultural quanto ao descarte inapropriado de lixo e lançamento de efluentes não-tratados nos rios da região. Por isso, entende-se a necessidade de mudança nas práticas locais e do dia a dia, a fim de garantir um melhor desempenho das tipologias de IVAs e, conseqüentemente, mais benefícios sociais, econômicos e ambientais. Portanto, ações antrópicas prejudiciais ao meio ambiente e aos processos naturais que ocorrem no ecossistema urbano podem representar a maior adversidade para o desempenho de medidas sustentáveis. Além disso, há uma certa dificuldade de compreensão, sobretudo do público leigo, acerca da maneira como as técnicas de IVA e demais técnicas compensatórias atuam, desconhecendo suas funções de infiltração e armazenamento e, erroneamente, inferindo que o projeto apresente falhas.

As ameaças correspondem a obstáculos em escala superior ao contexto de Realengo, considerando a escassez de projetos urbanos de drenagem sustentável no Brasil e, mais especificamente, a insuficiência de investimentos e/ou esforços por parte do Poder Público em áreas periféricas e marginalizadas da cidade. Há também a questão quanto à prioridade dada a projetos voltados para aplicação de práticas sustentáveis, pois há inúmeras outras demandas sociais a serem resolvidas e que aparentam ser mais urgentes. A pouca participação social é outra ameaça, visto que se perpetua o desconhecimento por parte da população quanto ao planejamento de ambientes urbanos e acerca dos agentes que atuam sobre a cidade, possibilitando ainda mais injustiça e segregação social. Por fim, há outro empecilho para o emprego de IVAs em projetos de requalificação urbana e ambiental, representado pela legislação urbana e a dificuldade de conversão de áreas privadas sem uso ou ociosas em espaços livre público. Há caminhos possíveis para tal, mas trata-se de um processo burocrático e ainda pouco aplicado, além do elevado interesse na manutenção de terrenos inativos por parte de proprietários e agentes imobiliários.

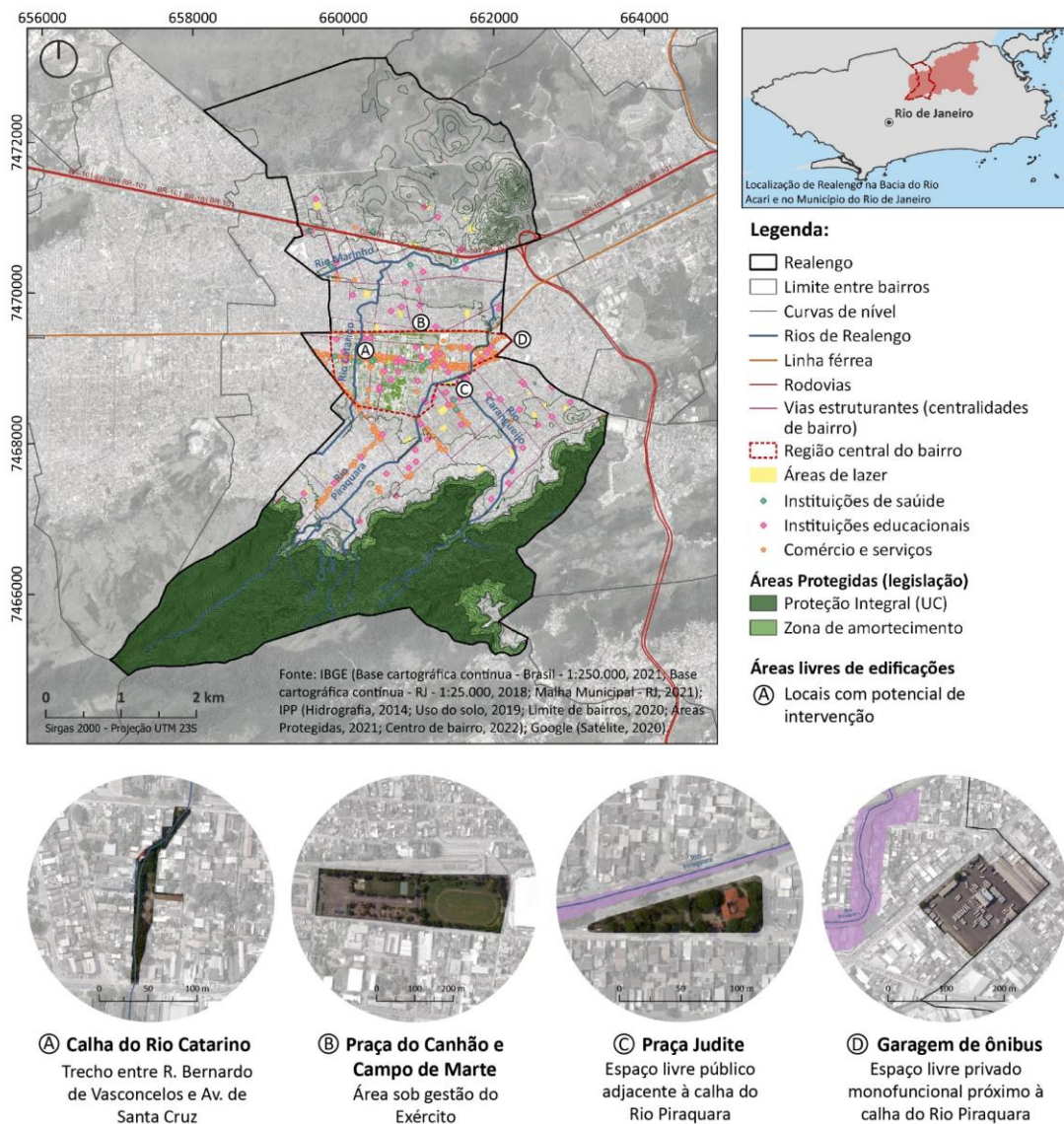
4.4 Partido de projeto

A partir do resultado das etapas anteriores, foi delimitado um recorte de projeto, que abrange a área central do Bairro de Realengo, para a aplicação de práticas de manejo sustentável de águas pluviais. Para tal, considerou-se as centralidades de bairro, que correspondem às vias estruturantes de Realengo, responsáveis pela conexão com outros bairros da Zona Oeste, demais áreas da cidade e a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Juntamente com este aspecto, foi ponderada a relevância do centro histórico de Realengo, como ponto de ocupação inicial e como local que concentra usos diversos, com edificações residenciais, de comércio e serviços, institucionais, educacionais e de saúde, somada à intensa movimentação de pessoas e veículos. Além disso, foi estabelecido como critério a inclusão dos Rios Catarino e Piraquara, pois ambos possuem relevância para o contexto de inundações deste território, além de atravessarem o centro do bairro.

Definiu-se também as tipologias de Infraestruturas Verdes e Azuis (IVAs) a serem empregadas no projeto de intervenção urbana, considerando-se os benefícios mais relevantes promovidos pelo uso das mesmas e o potencial de ampliação da infiltração do solo urbano, assim como a retenção e o armazenamento das águas pluviais. As tipologias escolhidas foram parque fluvial, bacia de detenção, jardim de chuva e canteiro pluvial, além de pavimentação permeável, sendo a implantação destas a principal estratégia projetual adotada para criação de paisagens multifuncionais no caso de estudo.

Por fim, foram elencadas algumas áreas de interesse para intervenção, que correspondem a fragmentos de espaços livres situados dentro do recorte de projeto, e as intenções projetuais orientadas pela aplicação de soluções-tipo que possam ser replicadas conforme as especificidades de cada área. A escolha de tais espaços baseou-se em critérios como o valor histórico, cultural, arquitetônico e identitário dos mesmos, os usos e as apropriações que neles acontecem e os grupos sociais envolvidos nas dinâmicas urbanas locais. Praças pré-existentes e demais áreas livres de edificações foram elencadas como áreas aptas a receberem intervenções voltadas para melhorias da infraestrutura urbana e ampliação de suas funções, com o intuito de atender demandas hidrológicas, econômicas e sociais de Realengo. A Figura 8 representa as escolhas adotadas para construção do partido de projeto de requalificação urbana e ambiental a ser realizado em etapa futura.

Figura 8 – Mapa de áreas livres de edificações em potencial e dinâmicas urbanas de Realengo



Fonte: Elaborado por Giulia Figueiredo Ferreira (2023).

5 Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho busca delinear o emprego de ações estruturais e não-estruturais pautadas no manejo sustentável das águas pluviais e na construção de cidades resilientes às cheias urbanas. Por meio da definição de um partido de projeto, que norteia uma intervenção urbana em Realengo, caso de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Acari, pretende-se reduzir os impactos gerados por falhas dos sistemas de saneamento básico, incluindo as redes de micro e macrodrenagem da bacia em questão. Dessa maneira, será desenvolvido em etapa futura, um projeto de intervenção urbana pautado na recuperação da qualidade hidrológica e ambiental, assim como a memória dos rios do bairro, na requalificação dos espaços livres urbanos, na ampliação das áreas de lazer, na redução de danos e perdas socioeconômicas associadas aos alagamentos e, ainda, na melhoria da qualidade de vida da população local.

6 Referencial Bibliográfico

AHERN, Jack F. From Fail-Safe to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in The New Urban World. **Landscape and urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341-343, 2011.

ALVES, Alessandra M. et al. **Avaliação Ecotoxicológica da Qualidade das Águas do Rio Catarino, Realengo, RJ**. XII Congresso Nacional do Meio Ambiente de Poços de Caldas, Minas Gerais, 2015.

BAHIANA, Julia R. **Os Componentes Sociais e as Imagens-Alvo na Requalificação do Rio Piraquara, Realengo**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós Graduação em Arquitetura Paisagística, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2022.

BAPTISTA, Márcio. CARDOSO, Adriana. Rios e Cidades: Uma Longa e Sinuosa História. **Revista UFMG**. Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 124-153, 2013.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. ABRH, 2011.

GOMES, Maria Vitória R. **Infraestruturas Verdes e Azuis Como Estratégia de Resiliência e Recuperação de Rios Urbanos: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Acari, Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós Graduação em Arquitetura Paisagística, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2022.

GUIMARÃES, Luciana F. **Metodologia para Avaliação da Capacidade de Recuperação em Função de Prejuízos de Sucessivos Eventos de Inundação**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

HERZOG, Cecília P. **Cidades para Todos: (Re)Aprendendo a Conviver com a Natureza**. Rio de Janeiro: Mauad X/Inverde, 1. ed., 2013.

HIDROSTUDIO/FCTH. **Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2014.

IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

KOZAK, Daniel. *et al.* Blue-green infrastructure (BGI) in dense urban watersheds. The case of the Medrano stream basin (MSB) in Buenos Aires. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 2163, 2020.

MARTINS, Jana L. DE AZEVEDO, José P. S. FIGUEIREDO, Iene C. **IV-209- Estudo da Qualidade Hídrica da Bacia do Rio Piraquara para Análise da Proposta de Enquadramento do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía De Guanabara**. São Paulo: Congresso ABES/FENASAN, 2017.

MIGUEZ, Marcelo G. VERÓL, Aline P. REZENDE, Osvaldo M. **Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MOREIRA, Fernando de S. **Vulnerabilidade Socioambiental na Área de Planejamento 5 na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado em Ciências na área de Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, Antonio K. B. **O Sistema de Drenagem Como Eixo Estruturante do Planejamento Urbano: Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Acari**. Dissertação de mestrado em engenharia civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

PCRJ. **Anexo VIII - Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário Existente na Área de Planejamento 5**. [s.d.]. Disponível em:

<<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4290214/4105684/08.AnexoVIIDiagnosticodoSistemadeEsgotamentoSanitarioExistenteAreaPlanejamento5.pdf>>. Acesso em 11/01/2023.

PCRJ. **Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2018**. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2020/06/RELATORIO_ANUAL_CHUVA_2018.pdf>. Acesso em 31/10/2023.

PCRJ. **Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2019**. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2020/08/RELATORIO_ANUAL_CHUVA_2019.pdf>. Acesso em 31/10/2023.

PCRJ. **Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2020**. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2021/11/RELATORIO_ANUAL_CHUVA_2020.pdf>. Acesso em 31/10/2023.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 2.377. **Parque Estadual da Pedra Branca**. Rio de Janeiro, RJ, 1974. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Lei/1974/lei_2377_1974_criaparqueestadualpedrabranca_guanabara_rj.pdf>. Acesso em 07/01/2023.

VERÓL, Aline P. **Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para o Desenvolvimento Sustentável da Cidade**. Tese de Doutorado em engenharia civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

VIANA, Claudius G. **História, Memória e Patrimônio da Escola Militar do Realengo**. Dissertação de mestrado em Bens Culturais e Projetos Sociais pelo Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, FGV, Rio de Janeiro, 2010.