



## GESTÃO SUSTENTAVEL DO AMBIENTE CONSTRUIDO

### Arquiteturas adaptativas na construção do amanhã: estudo de caso em Guaratiba, RJ

CARVALHO, Camilla Thurler Oliveira<sup>1</sup>; COSTA, Bruno Luis de C.<sup>2</sup>; VERÓL, Aline Pires<sup>3</sup>  
[camilla.carvalho@fau.ufrj.br](mailto:camilla.carvalho@fau.ufrj.br)<sup>1</sup>; [brunoluis@fau.ufrj.br](mailto:brunoluis@fau.ufrj.br)<sup>2</sup>; [alineverol@fau.ufrj.br](mailto:alineverol@fau.ufrj.br)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Arquiteta e Urbanista, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

<sup>2</sup> Arquiteto e Urbanista, Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro

<sup>3</sup> Engenheira Civil, Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro

#### Informações do Artigo

Palavras-chave:

Arquiteturas adaptativas  
 Regiões costeiras  
 Resiliência a inundações  
 Vulnerabilidade  
 Socioambiental

Keywords

Adaptive architectures  
 Coastal regions  
 Flood resilience  
 Socio-environmental  
 vulnerability

#### Resumo:

*Este artigo examina a necessidade de adaptação das habitações às condições ambientais, com foco nas áreas costeiras e nas mudanças climáticas. A região de Guaratiba, no Rio de Janeiro, enfrenta desafios decorrentes da expansão urbana desordenada e vulnerabilidades socioambientais, como inundações. O objetivo central desta pesquisa é propor um projeto residencial unifamiliar em Jardim Maravilha, Guaratiba, Rio de Janeiro, que incorpora estratégias adaptativas e resilientes às inundações. O estudo envolve revisão da literatura sobre resiliência a cheias, análise de referências projetuais no Brasil (de modo a identificar arquiteturas adaptadas às condições regionais no cenário de inundações) e mapeamento diagnóstico de Guaratiba, (identificando áreas vulneráveis a cheias). A concepção do projeto aborda a resposta aos desastres hidrológicos, incluindo sugestões de proteção para edificações existentes e identificação de ações urbanas para mitigar as inundações. Verifica-se que as estratégias adaptativas e resilientes propostas neste artigo são fundamentais para enfrentar os desafios das inundações nas regiões vulneráveis da Zona Oeste do Rio de Janeiro, como a comunidade Jardim Maravilha em Guaratiba. Ao integrar medidas de adaptação nas novas construções, busca-se não apenas minimizar danos, mas também fortalecer a capacidade de resposta das cidades e melhorar a qualidade de vida das comunidades afetadas.*

#### Abstract

*This article examines the need to adapt housing to environmental conditions, focusing on coastal areas and climate change. The Guaratiba region, in Rio de Janeiro, faces challenges arising from disorderly urban expansion and socio-environmental vulnerabilities, such as flooding. The central objective of this research is to propose a single-family residential project in Jardim Maravilha, Guaratiba, Rio de Janeiro, which incorporates adaptive and resilient strategies to floods. The study involves reviewing the literature on flood resilience, analysis of design references in Brazil (in order to identify architectures adapted to regional conditions in the flood scenario) and diagnostic mapping of Guaratiba (identifying areas vulnerable to flooding). The project design addresses the response to hydrological disasters, including protection suggestions for existing*

*buildings and identification of urban actions to mitigate flooding. It appears that the adaptive and resilient strategies proposed in this article are fundamental to face the challenges of flooding in vulnerable regions of the West Zone of Rio de Janeiro, such as the Jardim Maravilha community in Guaratiba. By integrating adaptation measures into new construction, the aim is not only to minimize damage, but also to strengthen the response capacity of cities and improve the quality of life of affected communities*

## 1. Introdução

### 1.1 Contexto

A exposição das comunidades e dos ecossistemas litorâneos aumenta devido à combinação de fatores como chuvas extremas, localização de habitações em áreas de risco, gestão inadequada de bacias hidrográficas, natureza do solo e ressacas em áreas costeiras [1]. Entre 2000 e 2018, as inundações foram o principal tipo de desastre no Brasil, representando 71% do total de ocorrências, segundo dados da EM-DAT, 2021, sendo o tipo de desastre mais letal no país de acordo com a mesma fonte. O rápido desenvolvimento urbano, aliado às mudanças climáticas, amplifica seus efeitos, resultando em consequências alarmantes, como aumento da temperatura terrestre, tempestades mais severas, aumento da seca, elevação do nível do mar, perda da biodiversidade e aumento do deslocamento de refugiados ambientais [2].

Diante da previsão de agravamento desse cenário, torna-se evidente o papel estratégico das cidades em se adaptar à nova realidade climática de maneira resiliente, fornecendo respostas efetivas a cada contexto socioambiental. Nesse sentido, a ONU [3] estabeleceu uma agenda global, que reúne os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), convocando todos os países, independentemente do seu nível de desenvolvimento, a tomarem ações coletivas para proteger o planeta. Este trabalho está contextualizado tendo como principal foco os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

No entanto, os desafios enfrentados pelos países emergentes diante das mudanças

globais são ainda mais significativos, uma vez que, na maioria dos casos, ainda não foram concluídos estudos integrados sobre a vulnerabilidade das cidades costeiras em relação aos impactos decorrentes das mudanças climáticas, especialmente no que diz respeito ao aumento relativo do nível do mar. No Brasil, a expansão urbana somada ao cenário de gestão ineficiente das cidades e às ações antrópicas, principalmente em áreas frágeis, como espaços fluviais e litorâneos urbanizados [4], desempenha um papel significativo no aumento das vulnerabilidades, como erosão costeira, inundações, alagamentos, poluição e contaminação dos corpos hídricos, falta d'água, entre outras consequências que podem resultar em perdas materiais, imateriais e humanas [5, 6]. O planejamento das áreas costeiras em expansão nas cidades brasileiras apresenta um desafio complexo, especialmente quando se considera o aumento do nível do mar e as frequentes inundações em regiões de baixa altitude, como é o caso da Região Administrativa de Guaratiba, na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

### 1.2 Conceituação

Neste contexto, é necessário compreender os desafios enfrentados pelas áreas urbanas, especialmente aquelas localizadas próximas aos rios e oceanos, no que diz respeito às inundações. Esses eventos representam graves riscos, principalmente quando ocorrem em regiões ambientalmente frágeis e em processo de expansão urbana, como é o caso de Guaratiba. Além disso, é importante ressaltar que as previsões futuras indicam um agravamento do quadro socioambiental diante das alterações climáticas. Portanto, torna-se imprescindível estabelecer um

desenvolvimento sustentável associado aos conceitos de resiliência à inundações e arquiteturas adaptativas, visando mitigar as inundações, aumentar a capacidade de resposta das cidades, conservar o meio ambiente e promover a melhoria da qualidade de vida das populações mais vulneráveis.

O conceito de resiliência tem origem na palavra latina *resalire*, que significa "andar ou saltar para trás" [7]. Em diferentes áreas do conhecimento, a resiliência denota a capacidade de adaptação após um choque ou evento que altere as condições iniciais. Segundo o relatório do IPCC publicado em 2012 [8], a resiliência é definida como a capacidade de um sistema e seus componentes anteciparem, absorverem, acomodarem e se recuperarem de eventos adversos, assegurando a preservação, a restauração ou a melhoria de suas estruturas essenciais e funções básicas. Esse conceito tem ganhado destaque na gestão de riscos e na concepção de projetos, promovendo a resistência e a recuperação de sistemas mesmo em condições adversas [9]. No contexto do planejamento das cidades, a resiliência é fundamental para o desenvolvimento sustentável, estabelecendo a consciência ecológica e o uso de novas tecnologias em sistemas mais adaptáveis e integrados.

De modo complementar, as arquiteturas adaptativas são caracterizadas pela sua capacidade de se adequar às necessidades e condições em constante mudança do ambiente e dos usuários. Esses projetos incorporam abordagens responsivas, utilizando estratégias e elementos contextualizados ao meio. Isso inclui a consideração de distintos modos de implantação, o uso de materiais locais, a diversidade de tecnologias construtivas e a capacidade de lidar com desastres ambientais específicos, como cheias, tsunamis e terremotos. A adaptabilidade é vista como um princípio essencial para criar ambientes habitáveis e resilientes ao longo do tempo.

Um dos maiores desafios atuais é lidar com as cheias, que representam uma ameaça significativa para as áreas urbanas, especialmente considerando os efeitos das

mudanças climáticas, como o aumento das chuvas intensas. A resiliência às inundações proporcionada pelas estratégias adaptativas pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento urbano integrado e sustentável, garantindo a segurança e o bem-estar da população, além da preservação do meio ambiente.

Para enfrentar esse desafio, estratégias urbanas, como a implementação de parques para a retenção de água, a adoção de telhados verdes, o planejamento de drenagem urbana integrada e a preservação de áreas de infiltração natural são essenciais. Além disso, é crucial atuar na escala micro, considerando as edificações resilientes, como abordado por Pereira, 2023 [10]. Nesse sentido, algumas orientações básicas para projetar edifícios devem ser levadas em conta, tais como analisar o nível do terreno, utilizar materiais impermeáveis e resistentes à água nas construções, promover e preservar áreas permeáveis no solo, além de implementar sistemas de alerta e evacuação [11]. Essas são apenas algumas medidas que contribuem para a construção de cidades mais resilientes, capazes de enfrentar os desafios relacionados às inundações e outros eventos adversos.

A promoção da resiliência urbana e arquitetônica não apenas colabora com a redução dos impactos negativos, mas também promove a adaptação e a recuperação eficiente das cidades diante de situações de risco. Dessa forma, é possível promover um desenvolvimento urbano sustentável, que protege tanto as gerações presentes quanto as futuras

### **1.3 Referências projetuais no contexto brasileiro**

Existem diversos tipos de técnicas que viabilizam a construção de edificações resistentes a inundações, conforme apontado por Miguez et al. [12]. De modo geral, podem ser citadas a realocação, que envolve a retirada e a reconstrução da edificação em uma área com cotas mais elevadas; a elevação, que consiste em elevar o acesso e a base da edificação acima das cotas mais baixas, permitindo o escoamento livre da água durante

eventos de cheias; a impermeabilização, que torna a edificação à prova d'água; e a construção de barreiras físicas, como muros, para impedir o avanço da água em direção ao edifício, conforme ilustrado na figura 4, no APÊNDICE A.

No Brasil, devido à sua extensa costa e rede hidrográfica, é comum encontrar regiões propensas a enchentes e outros eventos adversos relacionados à água. Ao longo do tempo, surgiram várias abordagens arquitetônicas adaptadas a esses cenários regionais, visando minimizar os danos causados pelas cheias.

São exemplos dessas abordagens as tipologias das palafitas e casas flutuantes, consideradas arquiteturas vernaculares, bem como outras abordagens, como a elevação por estacas e a estanqueidade das edificações, exemplos embasados tanto em referências da literatura quanto em observações urbanas, ilustradas nas figuras 2 e 3, no APÊNDICE A.

As palafitas (A) são casas construídas sobre estacas, elevadas acima do nível do solo ou da água. Na região amazônica as “palafitas amazônicas”, como são conhecidas, principalmente nos estados do Amazonas, Pará, Amapá e Maranhão são construídas pelas comunidades ribeirinhas sobre estacas de madeira, recurso abundante na região, elevando-as acima dos rios para mitigar os efeitos das cheias sazonais nas casas. No Pantanal, uma das maiores áreas alagáveis do mundo, localizada nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e em algumas áreas costeiras do Nordeste brasileiro, como nas regiões litorâneas do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, as palafitas também são comuns.

Outra abordagem adotada é a arquitetura flutuante (B), na qual as casas são construídas sobre plataformas flutuantes ou balsas. Essa solução é bastante comum em áreas ribeirinhas onde ocorrem enchentes frequentes, permitindo que as casas se movam com a água, conforme seu nível varia, evitando danos estruturais. Na região amazônica, onde essa solução é conhecida como “casas flutuantes amazônicas”, elas são encontradas

especialmente nos estados do Amazonas, Pará, Amapá e Maranhão. No Pantanal, abrangendo os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, as casas flutuantes são utilizadas para lidar com as enchentes periódicas. Além disso, em lagos e represas, como na região dos lagos em Alagoas e no Lago Paranoá, em Brasília, também é possível encontrar casas flutuantes. Embora menos comum, em algumas áreas costeiras do Brasil, como em partes do litoral do estado do Pará e do Maranhão, existem casas flutuantes que são usadas por comunidades pesqueiras e por pessoas que vivem em áreas sujeitas a inundações costeiras.

No meio urbano, é possível observar a utilização de estacas (C) como uma estratégia de elevação do pavimento principal das casas, de forma a mantê-lo acima do nível de inundação. Essa técnica é frequentemente empregada em áreas próximas a rios e córregos, onde as inundações sazonais representam um desafio. Essa abordagem é uma variação contemporânea da tipologia vernacular das palafitas, caracterizada pelo uso de estacas de madeira. No entanto, diferentemente das construções tradicionais, a arquitetura adaptada a esses cenários faz uso de tecnologias construtivas modernas, como alvenaria e concreto armado. Esses materiais oferecem maior resistência e durabilidade, garantindo a estabilidade estrutural das edificações.

De acordo com Linsley et al. [11] uma outra estratégia de adaptação às cheias é a utilização de edifícios estanques (D) com andares abaixo das cotas máximas da inundação. Esses edifícios são projetados de forma a suportar as forças dinâmicas das inundações, com os andares inferiores construídos sem janelas e com portas estanques, resistentes à água. Essa abordagem tem como objetivo criar uma barreira física que impeça a entrada da água durante as cheias, garantindo a proteção das áreas habitáveis.

#### 1.4 Objetivo

Com base na discussão apresentada até aqui, entende-se que a dinamicidade das

condições globais é potencializada em escala local, reforçando a necessidade de adaptação como forma de resiliência frente a diferentes cenários.

O objetivo deste trabalho é, portanto, propor um projeto residencial unifamiliar, aliado a estratégias adaptativas e resilientes às inundações, na comunidade Jardim Maravilha, em Guaratiba, no município do Rio de Janeiro, como resposta ao histórico de desastres hidrológicos na região, levando em conta as previsões de aumento do nível médio global do mar, e visando implementar soluções capazes de colaborar com a resiliência socioambiental da região, mantendo-se em consonância com suas características locais.

## 2. Método

Este capítulo apresenta as cinco etapas metodológicas adotadas neste trabalho. Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura que abrange o panorama global das mudanças climáticas, bem como os conceitos de arquiteturas adaptativas e resiliência às inundações. Em seguida, foi conduzido um levantamento e uma análise de referências projetuais de arquiteturas adaptativas e resilientes, com foco no contexto brasileiro, permitindo identificar e compreender as diversas abordagens nacionais no controle das cheias.

A terceira etapa envolveu o mapeamento e o diagnóstico da região de Guaratiba, no Rio de Janeiro, concentrando-se nos limites hidrográficos da Bacia do Rio Piraquê-Cabuçu. Essa fase incluiu uma visita de campo para coletar dados adicionais e aprofundar a compreensão do local. Durante esse processo, foram identificadas fragilidades socioambientais relacionadas às inundações, enquanto foram analisadas as leis urbanísticas em vigor para compreender os parâmetros legais da região e seu potencial.

A quarta etapa consiste na identificação das áreas com fragilidades socioambientais relacionadas às inundações, com base nos dados coletados previamente, e na análise urbana local de pontos específicos para a

seleção da área de intervenção da proposta projetual. Essa escolha se fundamentou nas fragilidades identificadas e nas necessidades locais, assegurando que o projeto fosse direcionado a uma área vulnerável com maior potencial de adaptação.

Por fim, na quinta etapa, foi concebido um projeto residencial unifamiliar que incorpora estratégias adaptativas e resilientes às inundações em um lote disponível na área selecionada na etapa anterior, no bairro objeto deste estudo. Além disso, também dentro do recorte de estudo, foram identificadas e sugeridas soluções de proteção contra as cheias para as edificações pré-existentes.

## 3. Habitar a nova Guaratiba

### 3.1 Mapeamento diagnóstico

A urbanização da área onde se localiza o bairro de Guaratiba, conhecida como região rural da Zona Oeste (figura 2, APÊNDICE B), foi impulsionada, em grande parte, pela implementação da Avenida das Américas, na década de 1960. Esse processo de crescimento populacional ocorreu de maneira rápida e desordenada, resultando na formação de assentamentos informais e loteamentos irregulares, desprovidos de infraestrutura adequada e planejamento urbano eficiente, impactando diretamente a saúde e a qualidade de vida dos habitantes da região. Segundo o Plano Urbanístico Básico de 1977 [13], essa região está incluída na área de planejamento AP-5, com restrições para ocupação, e é predominantemente habitada por população de média e baixa renda. Além disso, mais de 40% da área total da região é composta por loteamentos irregulares [14], como o Jardim Maravilha e a Comunidade do Rio Piraquê, consideradas Áreas de Especial Interesse Social - AEIS (Lei Orgânica Municipal) [15].

Ao analisar a hidrografia local, é relevante destacar que o bairro de Guaratiba está localizado na área de drenagem da Bacia do Rio Piraquê-Cabuçu. Essa bacia tem sua origem na Serra do Lameirão, no Parque Estadual da Pedra Branca, em Senador Camará, sendo alimentada pelo Rio Cabuçu

(figura 3, APÊNDICE C). Ela percorre uma extensão que abrange o Bairro de Campo Grande até o próprio Bairro de Guaratiba, onde desemboca na Pedra de Guaratiba, na Baía de Sepetiba. Nesse trecho da bacia, a área de drenagem abrange 108 km<sup>2</sup>, e o talvegue se estende por 23 km até chegar ao ponto de deságue [16].

Como demonstrado no Mapa de uso do solo, figura 3, APÊNDICE C, a maior parte da Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu está urbanizada, com mais de 65,68% de sua área ocupada por usos residenciais, industriais, comerciais e outros. O uso residencial é predominante, ocupando mais de 60% da bacia, enquanto comércio e serviços estão distribuídos, sendo mais destacados no bairro de Campo Grande. Além disso, há uma predominância de cobertura vegetal, representando aproximadamente 27% da área da bacia, com vegetação arbórea e arbustiva principalmente nas encostas. Também é possível identificar áreas agrícolas em Guaratiba e Campo Grande e é importante notar que existem áreas sujeitas a inundação, principalmente no Bairro de Guaratiba.

Conforme observado por Ribeiro (2017) [17], a bacia passa por um processo de urbanização variável ao longo de sua extensão. Em áreas a jusante da bacia, como o bairro de Guaratiba, as matas ciliares estão relativamente preservadas, exceto por algumas áreas onde canalizações estão sendo realizadas e residências ocupam as margens dos cursos d'água. Portanto, a análise inicial revela claramente as fragilidades presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu. Essas incluem loteamentos irregulares ao longo das margens do rio, ocasionando alterações geomorfológicas, infraestrutura deficitária de saneamento básico, características topográficas locais combinadas com baixa declividade média da bacia, grandes áreas impermeáveis ou sem asfaltamento, além do descarte inadequado de resíduos na Bacia, resultando em sucessivas falhas na macrodrenagem da região. O bairro enfrentou uma série de inundações ao longo dos anos, conforme registrado no Alerta Rio da

Prefeitura do Rio de Janeiro (2010, 2018, 2019, 2020) [18]. Segundo estudo de campo da Rio-Águas, como resultado dessas chuvas intensas, manchas de inundação foram observadas sobretudo por todo o loteamento do Jardim Maravilha, além de outros trechos, a montante, nos bairros de Senador Vasconcelos e Campo Grande [19]. Em cada evento, diferentes locais foram afetados, principalmente as comunidades próximas ao Rio Piraquê-Cabuçu. As chuvas intensas causaram danos significativos, resultando em perdas materiais, falta de fornecimento de água e energia, e a população enfrentando condições precárias de vida.

### 3.2 Recorte de estudo

A escolha dessa região se baseia na situação crítica da Bacia do Rio Piraquê-Cabuçu em Guaratiba, onde as ocupações desordenadas nas margens e a falta de infraestrutura de saneamento básico afetam a qualidade de vida, as condições de habitação, os espaços públicos e a mobilidade urbana, refletindo uma conjuntura de vulnerabilidade socioambiental decorrente da desigualdade nos investimentos públicos em infraestrutura urbana.

Durante a execução deste estudo, uma etapa crucial consistiu na realização de uma visita de campo em julho de 2023, acompanhada pelo grupo de extensão "Planejamento Urbano-Territorial para Incremento da Resiliência a Inundações"

Inserido no contexto da Cátedra UNESCO de Drenagem Urbana em Regiões de Planícies Costeiras e com o suporte do gestor de obras locais. O objetivo dessa visita foi estabelecer uma proximidade territorial e interagir com alguns agentes locais. O percurso foi delineado ao longo das margens do Rio Piraquê-Cabuçu, começando em Campo Grande, onde foi visitada a margem direita do Rio Piraquê e teve sua última parada em Pedra de Guaratiba, local turístico onde localiza-se uma colônia de pescadores.

A partir da visita de campo e do mapeamento diagnóstico realizado na região de Guaratiba (figura 4, APÊNDICE D), foram selecionados três pontos de interesse crítico

que atendem aos critérios estabelecidos, apresentando histórico de inundações e condições socioambientais fragilizadas diante dos eventos de cheia. Dois desses pontos estão localizados no sub-bairro Jardim Maravilha (Ponto A e B), enquanto o terceiro (Ponto C) está na Comunidade Rio Piraguê. Todos eles estão situados na margem direita do Rio Piraguê-Cabuçu, que é considerada a área mais afetada pelas cheias da Bacia devido à sua baixa declividade e à canalização intensiva na porção montante. Essas características tornam essas áreas mais suscetíveis a inundações nos trechos inferiores.

A áreas selecionadas são classificadas como Áreas de Especial Interesse Social, abrigando habitantes com renda de até um salário-mínimo, de acordo com o censo de 2010 do IBGE [20]. Observa-se uma urbanização em expansão nessas regiões, marcada pelo crescimento de lotes irregulares e pela ocupação desordenada. Esse processo resultou na remoção da mata ciliar e, em alguns casos, na canalização de afluentes. Além disso, há uma ausência de redes de infraestrutura urbana adequadas, a presença de manchas de inundação periódicas e outras novas observadas pelos moradores.

Nos pontos selecionados foram identificados potenciais para melhor adequação e resposta resiliente às cheias. No Ponto A, de modo geral, compreende-se que a redução de aberturas nos andares térreos e o acesso por escadas ao primeiro pavimento sejam alternativas capazes de auxiliar na redução da entrada de águas nas edificações, assim como, em casos de terrenos com quintal, a construção de muros como barreira física também é indicado. Deste modo, haveria uma abordagem híbrida, considerando as estratégias de elevação, na adesão de escadas externas para acesso ao andar de acesso, impermeabilização, na redução de aberturas, e barreira física, na implantação do muro. No Ponto B e C, foram identificadas mais semelhanças entre si, pois nenhum deles possui calçamento regular, as edificações têm um contato mais imediato com as ruas e há ocorrência de canalização dos afluentes. Para

estes casos, entende-se que, devido à grande proximidade com o canal, um evento de extravasamento seja mais agressivo nas consequências dentro das construções à margem do canal. Portanto, a elevação da laje por meio de estacas, como demonstrado na figura 1, APÊNDICE A, talvez seja uma abordagem capaz de minimizar os efeitos das cheias consideravelmente.

Diante das análises locais, optou-se pelo Ponto A, desde o cruzamento da Av. São José dos Campos com a Av. Barão dos Cocais, no Jardim Maravilha, até a interseção da Av. São José dos Campos com a Rua Águas Formosas para o desenvolvimento da proposta projetual. Tendo em conta esse cenário, o Ponto A, foi selecionado como a área de intervenção projetual, buscando atuar sob as fragilidades identificadas e carências locais estimulando a resiliência e a adaptação ao contexto de alto risco hidrológico.

Primeiramente, ao observar a calha do rio, foi identificado que ela apresenta um caráter geomorfológico pouco alterado, com menos intervenções de engenharia rígida em comparação a outros pontos. No entanto, foram identificados aspectos preocupantes relacionados à qualidade da água e aos ecossistemas fluviais, que sofreram diversas alterações. Além disso, o alto risco hidráulico, principalmente devido às modificações físicas na calha do rio a montante, tornou essa área particularmente suscetível a inundações. Outro fator determinante foi a presença de uma caixa de rua mais larga, onde se encontram pequenos comércios e habitações em contato gradual com a margem do rio, intermediado por calçadas e vias. Essa característica permite intervenções de maior magnitude no meio urbano, integrando o edificado com os espaços livres e estruturantes dessa vizinhança. Vale ressaltar, também, o histórico de desastres hidrológicos na região do Jardim Maravilha, tornando o Ponto A um local de grande potencial para implementação de estratégias adaptativas e resilientes a inundações.

### 3.3 A comunidade sob a ótica urbanística

Com base nos dados da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, o logradouro demarcado no Ponto A, localizado na comunidade Jardim Maravilha, apresenta características relevantes em termos de legislação e zoneamento urbano. Em relação aos dados cadastrais, a área se situa no Projeto Aprovado de Loteamento (PAL) nº 16810, havendo para a via o Projeto Aprovado de Alinhamento (PAA) nº 5815. Trata-se de um loteamento proletário aprovado em 1951, desenvolvido pela Companhia Santa Clara de Obras e Indústria S.A. sob o nome de “Jardim Maravilha Campo Grande”. Para fins de ordenamento territorial, a região do Jardim Maravilha está inserida na Macrozona Condicionada, conforme estabelecido pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável [4].

Em termos de zoneamento, A comunidade está inserida na Zona Residencial 2 do Decreto 322 de 1976 [21], onde os usos predominantes são residenciais, mas também permite a criação de pequenas atividades comerciais ou de serviços complementares ao uso residencial. Além disso, o Jardim Maravilha está inserido na Área de Especial Interesse (AEI) ambiental, especificamente na Orla da Baía de Sepetiba, de acordo com o Decreto 12328/1993 [22]. Esse decreto estabelece medidas de proteção e preservação ambiental na região, como o desenvolvimento de estudos para avaliação dos recursos naturais, definição de diretrizes ambientais para a ocupação urbana e priorização de políticas de proteção e revitalização ambiental.

No que diz respeito à densidade habitacional, a média da Região Administrativa de Guaratiba é de 0,3 Hab/ha na escala da densidade. No entanto, algumas quadras do Jardim Maravilha apresentam densidades um pouco mais altas, variando entre 1,5 e 2,0 Hab/ha. Quanto ao gabarito e altura das edificações, o Decreto nº 1918/1978 [23] estabelece que, em Guaratiba, as edificações devem ser afastadas das divisas com um limite máximo de 8 pavimentos, com

exceções para edificações de até três pavimentos e empreendimentos de interesse social. Já as edificações não afastadas das divisas estão sujeitas ao Decreto 322/1976 [21] e à Lei 1654/1991 [24], que estabelecem a altura máxima de 12 metros, independentemente do uso ou pavimento da edificação. Por fim, o índice de aproveitamento do terreno na comunidade é definido como 1,5, conforme estabelecido pela Lei Complementar 111/2011 [4], ou seja, é possível haver uma área construída até 1,5 vezes maior que a área do lote onde ela está inserida, desde que atenda concomitantemente à taxa de ocupação e aos demais parâmetros legais.

### 3.4 Estratégias de mitigação das cheias

O artigo discute uma gama de estratégias para lidar com inundações, organizadas em três categorias principais: proteção contra as cheias, mitigação de cheias e proteção sanitária, conforme demonstrado na tabela 1 presente no APÊNDICE E.

Na categoria de proteção contra as cheias, destacam-se medidas como a construção de barreiras físicas, que envolvem a construção de muros e empenas laterais para conter o avanço das águas e proteger as edificações. outra abordagem é a implementação de barreiras móveis, como comportas móveis, que oferecem uma defesa dinâmica contra a entrada de água durante eventos de inundação. Além disso, a utilização de materiais resistentes à água e a impermeabilização das coberturas são fundamentais para garantir a integridade das estruturas e prevenir danos causados pela água. A estratégia de elevação das edificações, elevando-as acima do nível de inundação, também é considerada essencial nesse contexto. Por fim, a resiliência do pavimento térreo, que envolve projetar ou adaptar o pavimento para resistir às cheias, desempenha um papel crucial na redução de danos.

No âmbito da mitigação de cheias, diversas medidas são propostas. isso inclui a instalação de barris de chuva, uma solução relativamente simples e econômica para



coletar água da chuva, que pode ser utilizada para fins como irrigação e lavagem. Os reservatórios de lote também são mencionados, atuando como uma forma distribuída de armazenamento de água pluvial. Além disso, a pavimentação permeável é uma técnica que permite a infiltração da água no solo, ajudando a reduzir os efeitos negativos da impermeabilização urbana e mitigando o impacto das enchentes.

Considerando a proteção sanitária, medidas são propostas para minimizar a propagação de doenças durante eventos de inundação. Isso inclui a instalação de válvulas de retenção nos sistemas de esgoto, impedindo o retorno de esgotos inundados para as residências. Além disso, as galerias de cintura são mencionadas como sistemas de canalização que interceptam águas pluviais contaminadas, contribuindo para o gerenciamento adequado das águas pluviais e protegendo a saúde pública. Essas estratégias, quando implementadas de forma integrada e adaptadas às necessidades locais, podem ajudar a mitigar os impactos das inundações e promover comunidades mais resilientes diante desses eventos naturais.

#### **3.4.1 Adaptação: da ameaça à oportunidade**

A partir das limitações locais são identificadas oportunidades significativas para abordar os desafios enfrentados. No que diz respeito ao lote escolhido para elaboração do projeto modelo para as novas edificações da região, as oportunidades se concentram na concepção da arquitetura como um abrigo intimamente relacionado às realidades econômicas, ambientais e sociais de cada região, tornando-a um equipamento de adaptação. A proposição de um projeto acessível e passível de ser reproduzido é uma oportunidade para mitigar os efeitos da inundação em prol da segurança dos residentes e de seus bens, transformando a casa em um refúgio mais seguro. Ao considerar o projeto de uma nova construção para o local estudado entende-se que um dos maiores desafios está associado à redução do impacto da inundação dentro da casa. Diante do quadro, é

compreendido que a vulnerabilidade pode ser reduzida significativamente aplicando métodos construtivos de defesa das pessoas e dos seus bens em múltiplas etapas do projeto, conforme demonstrado na figura 5, no APÊNDICE F.

Sendo assim, tratando-se do aspecto formal da edificação, é proposto como estratégia a construção da edificação elevada (EL), com os cômodos sob pilares acima do nível da inundação, liberando o térreo para usos de permanência temporária, como um espaço de convivência, jardim, estacionamento e áreas técnicas, como acessos às caixas de visita de esgoto e águas pluviais. O andar superior abriga os demais cômodos, prioritariamente os espaços de maior permanência, como os quartos, incentivando assim um tipo de ocupação mais resiliente.

No caso desta residência unifamiliar com dois pavimentos (térreo e primeiro piso), projetada do zero foi possível realizar um estudo abrangendo todas as estratégias cabíveis para o recorte do estudo de caso, não considerando apenas o reservatório de lote devido a inexistência de um sistema formal de microdrenagem, como mencionado anteriormente.

Um fator complementar a essa definição de projeto é a consideração da cota de implementação da edificação. É importante definir uma cota de terreno para construção da edificação que dificulte a entrada da água dos logradouros públicos, além de facilitar o escoamento da água interna dos lotes compreendendo a condição topográfica. No lote em questão, encontra-se um aclive suave a ser considerado no direcionamento dos escoamentos.

Outro aspecto determinante para o sucesso deste projeto é a utilização de materiais com maior resistência ao contato com a água, em especial no térreo e nas fachadas visando evitar danos causados pelas inundações. Para melhor vedação das portas e portões é indicado a instalação de comportas móveis (BM) para servirem de barreiras removíveis como uma segunda proteção. Além disso, as BF, como os muros e empenas laterais são formas de

proteger outros pontos de entrada de água no terreno. Para a previsão do BC optou-se por posicioná-lo abaixo da escada para melhor aproveitamento do espaço.

#### 4. Considerações finais

Considerando os desafios abordados nas seções anteriores e a complexidade do contexto em questão, é destacada a importância das estratégias abordadas na redução de perdas provocadas por inundações. A adaptação, transformando a ameaça em oportunidade, é um conceito chave, especialmente ao lidar com desafios como a viabilidade econômica em serem acessíveis para adesão da comunidade. Ao de considerar as novas edificações, a concepção de arquitetura adaptada às realidades econômicas, ambientais e sociais da região é crucial, visando reduzir significativamente a vulnerabilidade.

A pesquisa revelou a vulnerabilidade das regiões da Zona Oeste do Rio de Janeiro, com foco na comunidade Jardim Maravilha em Guaratiba, diante das frequentes inundações, destacando a urgência de adaptações adequadas. A proposta de integrar estratégias de adaptação às novas construções visa minimizar danos, fortalecer a capacidade de resposta das cidades, preservar o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida das comunidades mais vulneráveis. Assim, as medidas sugeridas têm como objetivo principal promover a resiliência em diferentes fases do projeto, abrindo a possibilidade de adaptação de edifícios pré-existentis.

Para a concepção do projeto arquitetônico e executivo da residência unifamiliar considerou-se a aplicação do máximo de estratégias cabíveis no estudo de caso. As escolhas projetuais prezaram por desenvolver um projeto acessível e replicável, que transforma a casa em um refúgio seguro diante das enchentes. Portanto, a elevação da construção, alocando os cômodos de permanência prolongada no primeiro pavimento, permite usos temporários no térreo, enquanto a escolha de materiais

resistentes à água e a instalação de barreiras móveis adicionais reforçam a proteção contra a entrada de água, reduzindo significativamente a lâmina d'água no interior do lote. Além disso, considera-se a topografia do terreno para facilitar o escoamento da água e a adoção de comportas móveis e barreiras físicas, como muros, para proteger pontos vulneráveis. Essas medidas, integradas ao projeto arquitetônico, visam garantir a segurança dos moradores e a preservação da edificação diante das inundações considerando o contexto e a aplicabilidade.

É fundamental ressaltar que as intervenções em larga escala, como o estabelecimento de sistemas de coleta de esgoto e microdrenagem em bacias hidrográficas, desempenham um papel crucial na gestão de inundações. No entanto, é igualmente importante reconhecer que tais medidas não devem ser vistas como substitutas das estratégias de proteção, mitigação e proteção sanitária adotadas em nível individual ou local. Embora essas abordagens possam oferecer respostas imediatas, é necessário compreender que elas não são capazes de prevenir danos coletivos à infraestrutura pública, restrições de mobilidade e perdas econômicas decorrentes de interrupções nas atividades comerciais, entre outros desafios. Portanto, é crucial adotar uma abordagem integrada, combinando intervenções em larga escala com medidas específicas para proteger comunidades vulneráveis e promover resiliência diante das inundações.

Em suma, as estratégias adaptativas e resilientes propostas neste artigo não apenas abordam os desafios atuais, mas também se antecipam às previsões de agravamento das mudanças climáticas. Espera-se que este estudo ofereça uma contribuição significativa para a comunidade Jardim Maravilha e outras, dentro de um contexto similar, auxiliando a promover a resiliência socioambiental e enfrentando os desafios atuais e futuros relacionados às inundações de modo exequível diante da condição social local.

## 5. Referências

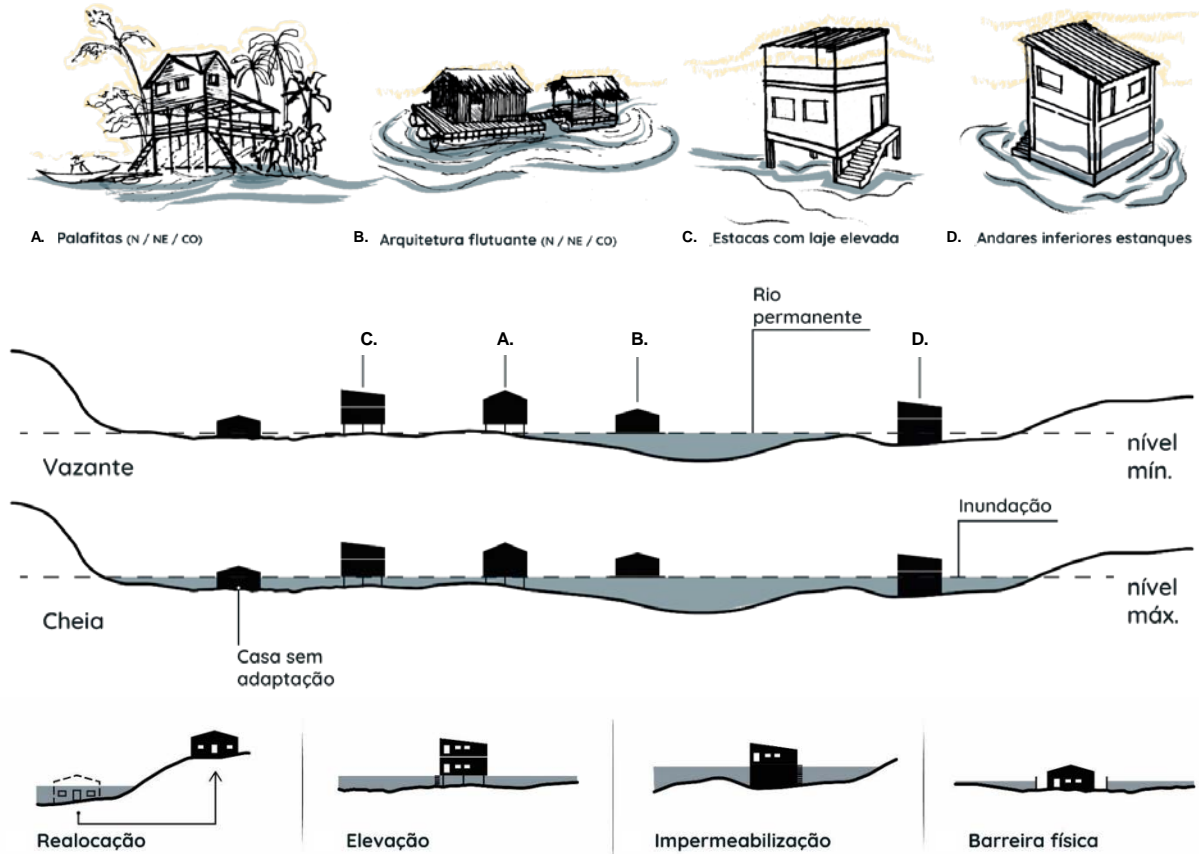
- [1] HABITAT, O. N. U. (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe*. ONU. Disponível em: <http://onu.org.pe>
- [2] O'NEILL, B. C.; OPPENHEIMER, M.; WARREN, R.; HALLEGATTE, S.; KOPP, R. E.; PÖRTNER, H. O.; YOHE, G. (2017). *Reasons for concern regarding climate change risks*. Nature Climate Change, 7(1). IPCC. p. 28-37. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate3179>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [3] UNITED NATIONS. (2015). *The millennium development goals report*. New York: UN.
- [4] RIO DE JANEIRO. (2011). *Lei complementar 111/2011*. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/LC111M.PDF>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [5] MACHADO, M. L.; NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M. (2005). *Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia*. Revista de Gestão de Água da América Latina, 2(1), 35-52.
- [6] MESSNER F.; PENNING-ROWSELL E.; GREEN C.; ET AL. (2006). *Guidelines for socio-economic Flood Damage Evaluation*. In: Floodsite Report T09-06-01.
- [7] SARAIVA, F. R. (2000). *Novissimo diccionario latino-portuguez*. Rio de Janeiro: Garnier.
- [8] ROGEL J, J.; MEINSHAUSEN, M. KNUTTI, R. (2012). *Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates*. Nature climate change, 2(4). IPCC. p. 248-253. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate1385>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [9] MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. *Gestão de riscos e desastres hidrológicos*. 1a ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- [10] PEREIRA, Jéssica do Nascimento. *Proposta de um índice de resiliência à inundação para edificações – Caso do loteamento Jardim Maravilha*. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado). Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.
- [11] LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L. H. (1992). *Hidrologia para engenharia*. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- [12] MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., REZENDE, O. M. *Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier. 2015.
- [13] RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral. *PUB RIO: plano urbanístico básico da cidade do Rio de Janeiro*: junho de 1977. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral, 1977.
- [14] RIO DE JANEIRO. (2012). *PDMAP - Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da cidade do Rio de Janeiro*. Prefeitura do Rio de Janeiro - Rio Águas. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775\\_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf). Acesso em: 18 jul. 2023.
- [15] RIO DE JANEIRO. (1990). *Lei Orgânica*. Rio de Janeiro.
- [16] RIO DE JANEIRO. (2015). *PDMAP - Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da cidade do Rio de Janeiro*. Prefeitura do Rio de Janeiro. Rio Águas.
- [17] RIBEIRO, N. F. (2017) *Rios Urbanos e as Relações do/no Espaço Livre: Estudo de Caso Bacia do Rio Piraquê-Cabuçu, Zona Oeste do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal Fluminense,

- Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (UFF PPGAU). Niterói, Brasil.
- [18] GEORIO. (2010, 2018, 2019, 2020). *Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro*. GEORIO. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [19] RIO ÁGUAS (2010). *Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana*. Rio de Janeiro: Subsecretaria de gestão de bacias hidrográficas. Rio Águas, Secretaria Municipal de Obras, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4244719/InstrucaoTecnicaREVISAO1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [20] AGENCIA IBGE. *Indicadores Sociais Municipais 2010: incidência de pobreza é maior nos municípios de porte médio* | Agência de Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14124-asi-indicadores-sociais-municipais-2010-incidencia-de-pobreza-e-maior-nos-municipios-de-porte-medio>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [21] BRASIL. *Decreto nº 322*, de 3 de março de 1976.
- [22] BRASIL. *Decreto nº 12328*, de 8 de outubro de 1993.
- [23] BRASIL. *Decreto nº 1918*, de 7 de dezembro de 1978.
- [24] BRASIL. *Decreto nº 1654*, de 09 de janeiro de 1991.
- [25] CARVALHO, Camilla Thurler Oliveira. *Arquiteturas adaptativas na construção do amanhã. Estudo de caso em Guaratiba, Rio De Janeiro, RJ*. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho final de graduação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023.

## 6. Apêndices

### APÊNDICE A

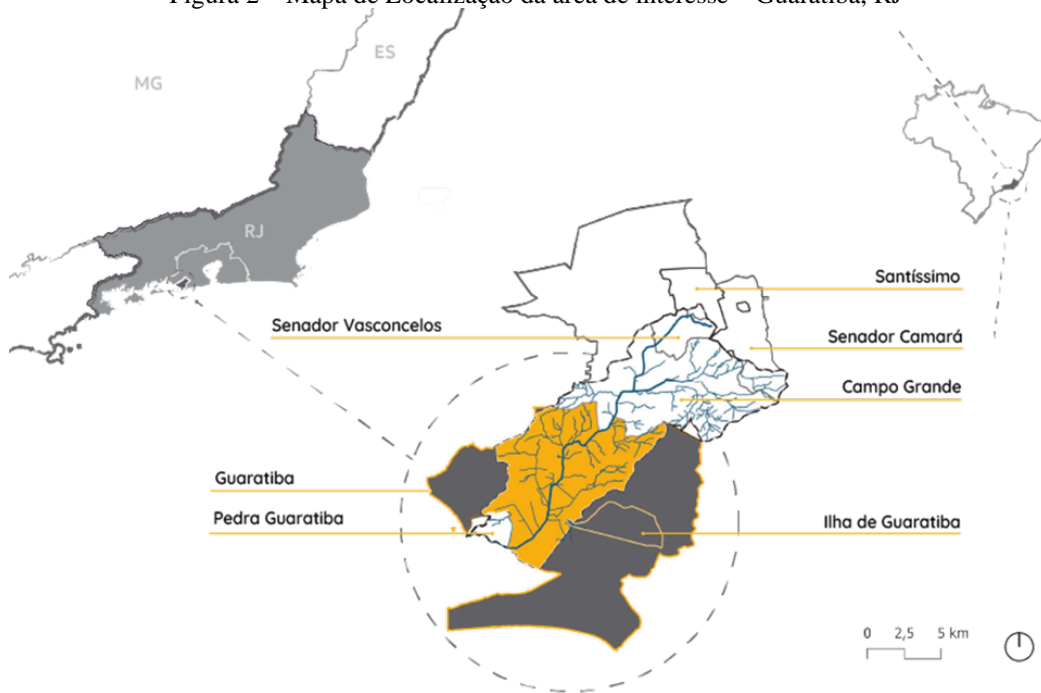
Figura 1 – Referências projetuais de arquiteturas adaptativas e resilientes ao cenário de inundações no contexto brasileiro.



Fonte: Elaborado pela autora (2023) adaptado de Miguez et al. (2015) e UNESCO (1995). [25]

### APÊNDICE B

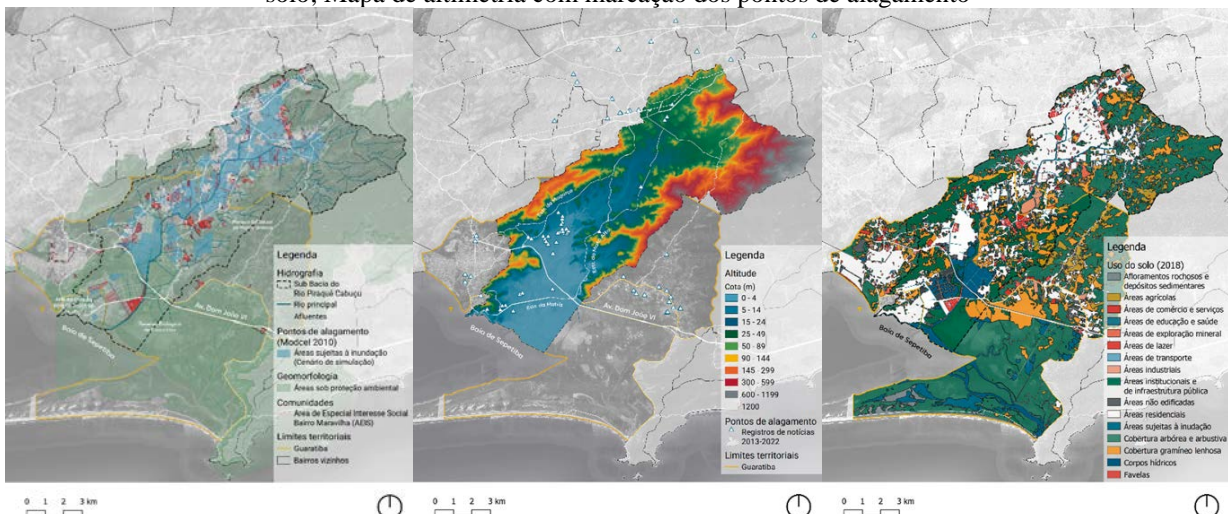
Figura 2 – Mapa de Localização da área de interesse – Guaratiba, RJ



Fonte: Elaborado por Carvalho (2023) com base de dados IBGE, 2010. [25]

### APÊNDICE C

Figura 3 – Mapa de áreas sujeitas a inundação e demarcação das Áreas de Especial Interesse Social; Mapa de uso do solo; Mapa de altimetria com marcação dos pontos de alagamento



Fonte: Elaborado por Carvalho (2023) com base de dados Modcel (2010) e DataRio (2010, 2018 e 2019), MPRJ em Mapas, Alerta Rio 2010,2018,2019,2020) e pelo grupo de pesquisa Planejamento urbano-territorial para incremento da resiliência a inundações (2021). [25]

### APÊNDICE D

Figura 4 – Percurso da visita de campo realizado em julho de 2023 e registros urbanos do Ponto A – Rua São José dos Campos, Jardim Maravilha – Guaratiba, RJ.



Fonte: Elaborado por Carvalho (2023) com base no acervo pessoal [25]

## APÊNDICE E

Tabela 1 – Estratégias de proteção e mitigação contra as cheias e de proteção sanitária.

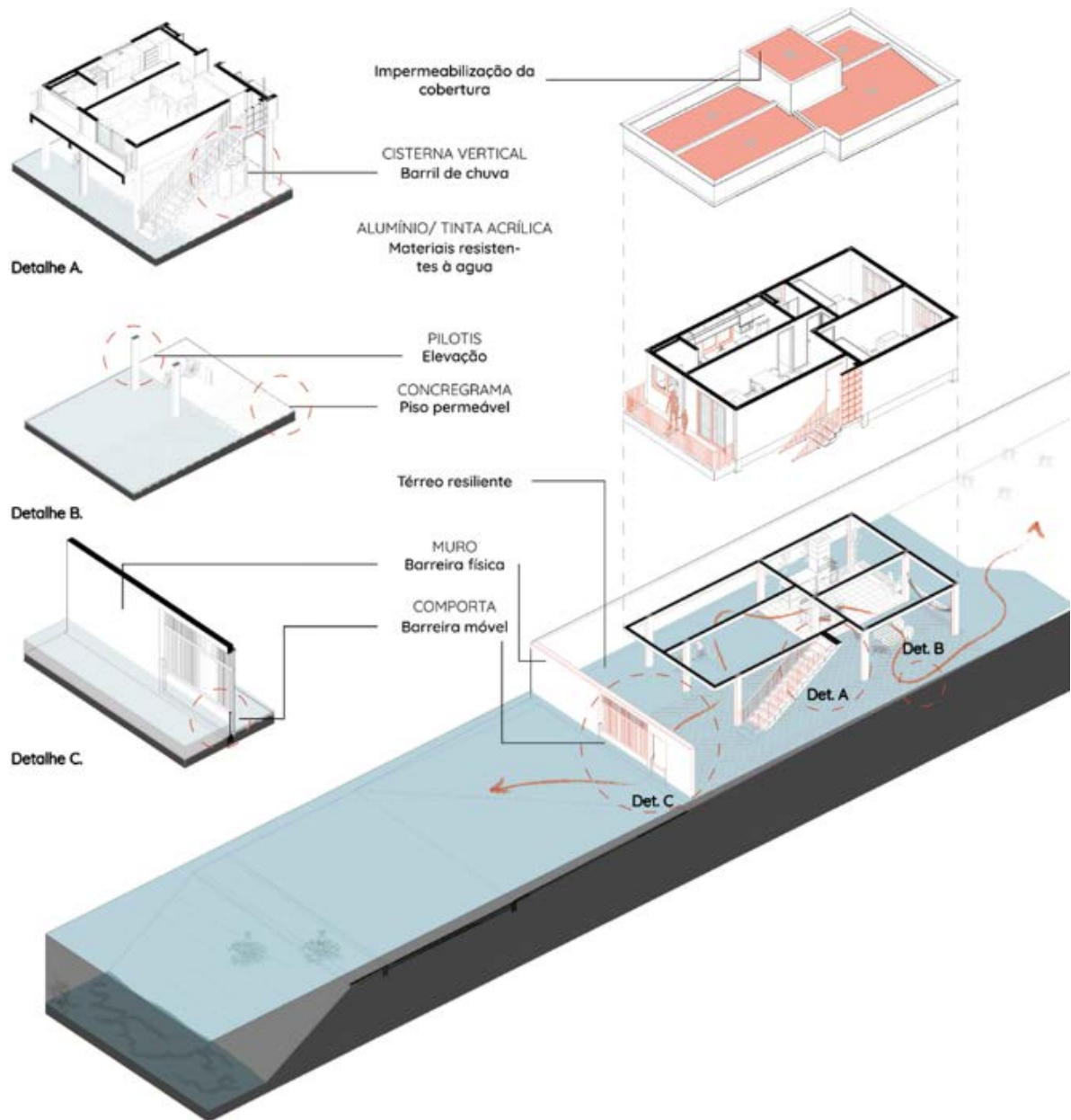
Estratégias	Definições
Barreira física	Construção de muros e empenas laterais como barreiras físicas para limitar o avanço da cheia, protegendo o ambiente interno da edificação.
Barreira Móvel	Instalação de comportas móveis feitas de diversos materiais, com o propósito de proteger lotes e edificações ao proporcionar uma barreira dinâmica contra a entrada de água durante eventos de inundação.
Materiais resistentes a água	Utilização de materiais duráveis e impermeáveis na construção para prevenir danos decorrentes de inundações, assegurando a integridade das estruturas mesmo em condições de umidade excessiva.
Impermeabilização das coberturas	Aplicação de técnicas de impermeabilização em coberturas planas ou inclinadas para prevenir o acúmulo de água, assegurando a estanqueidade da estrutura.
Elevação	Construção da edificação elevada sob pilotis acima do nível da inundação.
Resiliência do pavimento térreo	Projetar ou adequar o pavimento térreo para ser resiliente às cheias e receber usos de permanência reduzida, de forma a mitigar danos provenientes das cheias.
Barril de chuva	Os barris de chuva são relativamente fáceis e baratos de fazer, e a maioria dos suprimentos podem ser encontrados em ferragens locais. São mais simples quando comparados às cisternas por conta de não utilizarem filtros e separador de sólidos. A água coletada pelos barris não deve ser consumida por não possuir tratamento adequado, assim como as cisternas. Podem ser utilizados para irrigação e lavagem de quintal.
Reservatório de lote	Os reservatórios de lote consistem em medida distribuída de armazenamento da água pluvial, através de pequenos reservatórios localizados no interior dos lotes urbanizados (MAGALHÃES et al., 2003).
Pavimentação permeável	Técnica que utiliza pavimentação que permite a infiltração da água no solo, visando reduzir os efeitos negativos da impermeabilização urbana e mitigar o impacto das enchentes (MIGUEZ et al., 2015).
Válvula de retenção	Dispositivos instalados no sistema de esgoto para impedir o retorno de esgotos inundados para as residências, minimizando a propagação de doenças durante eventos de inundação.
Galeria de cintura	Sistema de canalizações que interceptam pontos de lançamento de águas pluviais contaminadas, concentrando vazões para lançamento controlado, contribuindo para o gerenciamento adequado das águas pluviais.

Fonte: Elaborado por Carvalho (2023) [25]



## APÊNDICE F

Figura 5 – Isométrica explodida da residência unifamiliar resiliente as cheias.



Elaborado por CARVALHO (2023) [25]