



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

THAYNÁ MARQUES BARROSO

**CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA URBANA ÀS INUNDAÇÕES NO BAIRRO
DA LIBERDADE**

São Luís

2018

THAYNÁ MARQUES BARROSO

**CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA URBANA ÀS INUNDAÇÕES NO BAIRRO
DA LIBERDADE**

Trabalho final de graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a Dra. Barbara Irene Wasinski Prado

São Luís

2018

Barroso, Thayná Marques.

Capacidade de resiliência urbana às inundações no bairro da Liberdade. / Thayná Marques Barroso. - São Luís, 2018.

99 f.

Orientador (a): Prof. Dra. Barbara Irene Wasinski Prado.

Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

1. Infraestrutura Urbana. 2. Inundações. 3. Costeiras. Manguezal. 4. Resiliência Urbana - São Luís. I. Título.

CDU: 711.4(812.1)

THAYNÁ MARQUES BARROSO

**CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA URBANA ÀS INUNDAÇÕES NO BAIRRO
DA LIBERDADE**

Trabalho final de graduação
apresentado ao Curso de Arquitetura e
Urbanismo da Universidade Estadual do
Maranhão para obtenção do título de
bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Barbara Irene Wasinski Prado (Orientadora)

Doutora em Urbanismo
Universidade Estadual do Maranhão

Prof.^a Dr.^a Ingrid Gomes Braga

Doutora em Conservação e Restauração de Bens Culturais
Universidade Estadual do Maranhão

Társis Lisandro Aires dos Santos

Arquiteto e Urbanista – Mestrando em Arquitetura Paisagística
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.^o Dr. Denilson da Silva Bezerra

Doutor em Ciência do Sistema Terrestre
Universidade CEUMA

Aos meus avós, pais e aos
bravos cientistas que
pesquisam sobre resiliência
e mudanças climáticas

AGRADECIMENTOS

Ao bom e soberano Deus, Senhor de todas as coisas, por me permitir chegar até onde cheguei, me fornecendo sabedoria divina e paz de espírito, por estar comigo em todos os momentos difíceis, ouvindo minhas orações e me sustentando pela fé inabalável que é demonstrada em Sua palavra, e por me abençoar nesta jornada acadêmica árdua, porém aprazível e surpreendente, toda honra e toda glória para sempre à Ti.

Aos meus amados pais José Carlos e Gardenia, por serem meus exemplos de superação e de como a educação pode transformar destinos de gerações, por despertarem em mim a sede de conhecimento e o desejo de ser orgulho para vocês, por me apoiarem sempre em minhas decisões, por mais difíceis que fossem, por me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos apesar das renúncias, e pelo amor e cuidado que me guiaram até aqui, sem vocês eu não seria.

À minha amada irmã Carolina, minha companheira de longa data, parceira em várias aventuras e também tribulações ao longo de nossas vidas, que apesar de tudo, sei que está sempre torcendo por mim e sempre me proporcionando inúmeras risadas, gratidão por ser quem és.

Aos meus queridos avós, Antônio (*in memoriam*), Maria das Dores, Raimundo (*in memoriam*), Lourdes (*in memoriam*) e Laudelino (*in memoriam*) pelo amor inestimável ao longo dos anos, pelas memórias construídas na infância que ajudaram a moldar quem sou hoje, e pelos valores imutáveis que mostraram e mostram até hoje em cada vinco da face. Estendo minha gratidão a todos meus familiares, em especial à minha madrinha Cláudia, por ser um exemplo de sabedoria, por mostrar que a busca por conhecimento é infindável e pelo constante amor, carinho e benevolência que transbordam em suas palavras de encorajamento.

Às minhas eternas amigas Gabriela, Isabela, Camila e Muriel, por todos os anos de amizade e companheirismo, quantas histórias temos para contar, em especial à minha grande amiga Gabriela, irmã de alma e companheira de fé, que Deus colocou em minha vida para ser luz, por ser uma confidente sábia e ajudar-me a ver o mundo melhor.

Aos meus fiéis e especiais amigos que fizeram parte desta jornada, dentro e fora de sala, perto ou longe, vivendo aventuras em outro país ou aqui, compartilhando as dificuldades diárias e nos dias de entrega, tornando o fardo mais leve com brincadeiras e risadas, obrigada por fazerem parte dessa caminhada Rebeca, Julyana, Rhayssa, Lívia, Lyssa, Sara, Otília, Laís, Bruna, Diana, Fellipe, Keila, Lorena, Bernardo, Luana, Guilherme, Márcio, Brenda, Alicia, Lais, Larissa e Mariely.

Aos professores da Universidade Estadual do Maranhão e aos chefes, por ensinarem tudo que sei com destreza e paciência, a profissão do arquiteto e urbanista, em especial a minha orientadora Barbara, por ser exemplo de dedicação, seriedade e inspiração na busca de uma vida acadêmica baseada em conhecimento sólido e de qualidade. Aos que de forma direta ou indireta ajudaram a formar minha base profissional, instigando, desafiando e levando-me além.

Por fim, ciente de que todos estes agradecimentos não conseguem exprimir a gratidão real em meu coração, a todos que não foram citados, mas participaram da minha história e me ajudaram a estar onde estou hoje, meu sincero e eterno obrigado.

“Tu que acalmas o rugido dos oceanos, o bramido das ondas dos mares e o tumulto dos povos das nações.”

Salmos 65:07

RESUMO

Este Trabalho Final de Graduação - TFG apresenta um estudo sobre a capacidade de resiliência urbana às inundações costeiras, em uma área do bairro da Liberdade, em São Luís no Maranhão. Aborda-se o conceito de resiliência urbana e exemplos do contexto internacional e nacional. Destaca-se a infraestrutura urbana e o fenômeno das inundações costeiras, aplicados em uma área no bairro da Liberdade que era um manguezal e foi aterrado. Condição que se repete em várias áreas na cidade de São Luís. O trabalho apresenta exemplos de cidades com práticas resilientes e infraestruturas urbanas planejadas para serem resilientes em casos de inundações costeiras. De tais exemplos enfatizam-se as práticas que podem contribuir para a preparação das cidades para enfrentarem tais condições futuras, conforme previsões do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). O ecossistema de manguezal, especialmente é altamente vulnerável às inundações e deverá ser impactado com a elevação do nível do mar decorrente das mudanças climáticas. Mapas temáticos com levantamentos e análises realizados permitiram a avaliação dos efeitos da inundação pelo aumento do nível do mar e a constatação da inexistência de resiliência urbana neste recorte espacial específico, contra os cenários de inundação simulados.

Palavras-chave: Bairro da Liberdade. Infraestrutura Urbana. Inundações Costeiras. Manguezal. Resiliência Urbana. São Luís.

ABSTRACT

This Final Graduation Paper presents a study on the capacity of urban resilience to the coastal floods, in an area of Liberdade neighborhood, in São Luís, Maranhão. It addresses the concepts of urban resilience and examples of the international and national context. As a highlight the urban infrastructure and the phenomenon of coastal floods, applied in an area in the neighborhood of Liberdade that was a mangrove and was grounded. This situation is repeated in several areas in the city of São Luís. The paper presents examples of cities with resilient practices and urban infrastructures planned to be resilient in cases of coastal flooding. These examples emphasize practices that can contribute to the preparation of cities to meet such future conditions, as predicted by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). The mangrove ecosystem, in particular, is highly vulnerable to flooding and should be impacted by rising sea levels due to climate change. Thematic maps with surveys and analysis have allowed the evaluation of the effects of flooding by sea level rise and the verification of the lack of urban resilience in this specific space against the simulated flood scenarios.

Keywords: Liberdade Neighborhood. Urban infrastructure. Coastal Floods. Mangrove. Urban Resilience. São Luís.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Área de Proteção Permanente do Rio Calhau e os empreendimentos.	16
Figura 2 - Praia de Boa viagem, Recife.....	17
Figura 3- Praia da Piedade, região metropolitana de Recife.....	17
Figura 4- Estrutura Racional da Resiliência	19
Figura 5 - Dimensões da Resiliência Urbana	22
Figura 6 - Rede Global de Agentes da Resiliência Urbana.	25
Figura 7- Modelo Conceitual de Abordagem de sistemas urbanos através da resiliência.	26
Figura 8 - Roteiro da Conferência HABITAT III	28
Figura 9 – Sistema de teleféricos em Medellín.....	29
Figura 10- A beira rio da cidade de Guayaquil, conhecida como Malécon Simon Bolívar.	31
Figura 11- Beira Rio Simon Bolívar, parte do projeto "Imagem-Objetivo".	32
Figura 12 - Objetivos Estratégicos da cidade do Rio de Janeiro	36
Figura 13- Metas de resiliência da cidade do Rio de Janeiro	37
Figura 14 - Mapa da Estratégia de Resiliência de Porto Alegre com Visão e Objetivos	39
Figura 15- Elevação do nível de um rio.....	41
Figura 16 - Orla da Praia de Boa viagem e enrocamento com pedras.....	53
Figura 17 – Futuro Mercado dos Peixes na beira-mar de Fortaleza.	53
Figura 18 - Intervenção assinalada e imagem de satélite com a delimitação das obras do PAC Rio Anil em 2011.....	55
Figura 19 - Simulação da implantação dos módulos no manguezal	56
Figura 20 - Diagrama conceitual do módulo biodegradável.	56
Figura 21 - Barreira natural criado pelo mangue	57
Figura 22 - Estrutura modular debaixo d'água.....	57
Figura 23 - Estratégia de Boston para o bairro de Charlestown.....	58
Figura 24 - Estratégia de Boston para o bairro de East Boston	59
Figura 25 - Proposição de Boston para proteger os bairros e vizinhanças ameaçadas com Parques e passarelas elevadas	59
Figura 26 - Elevação regional do nível do mar até o fim do século XXI.	61
Figura 27 – Projeção da elevação do nível do mar em dois cenários, otimista (azul) e pessimista (vermelho).	62
Figura 28 – Cenários de distribuição espacial das áreas de manguezal na ilha do Maranhão.	64
Figura 29 - Mangue vermelho (<i>Rizophora mangle</i>).....	68
Figura 30 - Mangue preto ou siriúba (<i>Avicennia schaueriana</i>)	68
Figura 31 - Mangue branco (<i>Laguncularia racemosa</i>).....	69
Figura 32 - Parque Linear Hunter's Point South em caso de inundações.	73
Figura 33 - Bacia de Retenção que funciona como área esportiva.	73
Figura 36 - Bairro da Liberdade com área de análise destacada.	75
Figura 37- Matadouro Modelo em 1923.	76

Figura 38 - Prédio do antigo Matadouro, atualmente utilizado como escola. ...	77
Figura 39- Unidades de Paisagem do Bairro da Liberdade em 1975, 2001 (com sobreposição da malha viária) e 2001	78
Figura 40 - Evolução Cronológica do Bairro da Liberdade entre 2007 e 2016.	79
Figura 41 - Localização e Marcos Referenciais.....	81
Figura 42 - Delimitação da Área de Estudo.....	82
Figura 43- Hierarquia Viária	83
Figura 44 - Hidrografia.....	84
Figura 45 - Vegetação	85
Figura 46- Aterro no bairro da Liberdade para a construção da Avenida IV Centenário.....	86
Figura 47- Fundações na área de mangue no bairro da Liberdade.	86
Figura 48 – Mapeamento Hipsométrico.....	87
Figura 49 - Zoneamento	88
Figura 50 - Cenários de Inundação na área de estudo no bairro da Liberdade hoje, 2100 e 2300.....	90
Figura 51 - Cenários de Inundação em 2400 e 2500.	91

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. RESILIÊNCIA URBANA	15
1.1. Resiliência urbana no contexto internacional	23
1.2. Resiliência Urbana no panorama brasileiro.....	33
1.3. Resiliência urbana quanto à inundação	40
2. INFRAESTRUTURA URBANA	45
2.1 Infraestrutura Urbana Resiliente	46
2.2. Sistemas de Drenagem Urbana	49
2.3 Obras de infraestrutura que não são resilientes a inundações	52
2.4 Obras exemplares resilientes contra inundações.....	55
3. INUNDAÇÕES COSTEIRAS EM MANGUEZAL.....	61
3.1 Ecossistema Manguezal.....	65
3.2 Áreas sujeitas à Inundação	69
3.3 Planejamento para Inundações.....	71
4. SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA.....	75
4.1. Metodologia.....	80
4.2. Aspectos urbanos e ambientais	81
4.3. Avaliação para aplicação da resiliência urbana às inundações	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS.....	94

INTRODUÇÃO

O planejamento urbano precisa tomar rumos mais sustentáveis, resilientes e acessíveis. As cidades são sistemas complexos que sofrem pressões sociais e econômicas, em face de evento de risco ou colapso abrupto tendem a se recuperar lentamente. Por isso, é o que buscam os principais documentos e relatórios urbanos atualmente. Uma adoção de condições para que uma cidade seja resiliente, preparada para enfrentar desafios, seja de ordem política, econômica ou física.

Muitas cidades ao redor do mundo têm se preocupado em criar planos de resiliência. Porém as cidades costeiras dos países em desenvolvimento que são uns dos mais afetados e que dispõem de menos recursos para tratar as problemáticas decorrentes das ameaças, se mostram em desvantagem quando se trata de planos preventivos e planos de ação em caso de catástrofes. Cada vez mais a necessidade de se prevenir contra os males das mudanças climáticas tem se mostrado imprescindível e o assunto tem se tornado tópico importante nas agendas de discussão pelo mundo.

No Brasil, o risco de inundação é um tema ainda pouco explorado, apesar de todos os anos os noticiários mostrarem cidades inteiras destruídas pela força das águas. Tendo em vista tudo isso, a investigação e o estudo das ameaças, que fazem parte e afetam o ambiente urbano, precisam avançar em termos de análises e resultados necessários para a elaboração de planos preventivos e assim gerar uma mudança no planejamento das cidades.

A resiliência urbana é um tema ainda pouco abordado no campo da arquitetura e urbanismo e a infraestrutura das cidades precisa estar preparada para as ameaças iminentes a sua condição geográfica.

A cidade de São Luís, que possui ecossistema insular, apresenta condições vulneráveis em muitos aspectos.

A cidade que se constitui numa ilha, com ecossistemas frágeis como as falésias, dunas e manguezais. Nela o crescimento urbano avança de forma desordenada sobre tais ecossistemas, reduzindo suas áreas e conseqüentemente a paisagem natural da Ilha de São Luís. (PRADO, 2016, p. 28).

Estando inserida em uma ilha a cidade de São Luís está exposta a inúmeros riscos, tais como, inundações de áreas ocupadas irregularmente, decorrentes da elevação do nível do mar ao longo prazo e enchentes sazonais, decorrentes do período de chuvas. O estudo de alternativas para a prevenção e contingência de inundações costeiras precisa ser realizado, tanto na escala macro quanto na microescala, pois os efeitos delas afetam a vida de vários habitantes.

O que impulsiona a realização deste trabalho é entender como o estudo da resiliência urbana às inundações costeiras pode impactar nas ações de planejamento urbano de longo prazo nas cidades. Apresentando-se conceitos, estudos de caso e referências que embasam a efetividade da criação dos planos de resiliência, para planejadores, gestores e tomadores de decisão, tudo isso baseado nos estudos precedentes sobre resiliência urbana, porém aplicados à cidade de São Luís – em um recorte físico no bairro da Liberdade. Compreendendo que o assunto envolve uma gama de campos do conhecimento, uma abordagem multidisciplinar se faz necessária, buscando uma bibliografia que envolva temas de urbanismo, paisagismo, biogeografia e ecologia.

O objetivo principal é analisar a resiliência urbana e a infraestrutura urbana vulnerável a inundações. Além disso, como a cidade enfrenta ou pode enfrentar de forma resiliente este fenômeno em São Luís. Para isso procurou-se compreender o que é a resiliência urbana, analisar as formas de resiliência para enfrentamento de danos causados pelas inundações costeiras, aplicar os conceitos no contexto da cidade de São Luís, levando em consideração os planos nacionais e internacionais existentes sobre o assunto, mapear áreas potencialmente alagáveis e vulneráveis, e apresentar possíveis formas resilientes para enfrentamento das inundações.

A pesquisa deste Trabalho Final de Graduação foi desenvolvida através de embasamento teórico e aprofundamento das temáticas a partir da consulta bibliográfica, após essa etapa foi feito o levantamento de mapas existentes para análise das áreas potencialmente inundáveis e mapeamento em plataforma Google Earth, para compreender o contexto e as ameaças da área estudada. Além disso, foram feitos levantamentos fotográficos no bairro da Liberdade

Por fim, os mapas temáticos e os exemplos apresentados serviram de base para aplicação dos estudos em uma área específica do bairro da Liberdade em São Luís, com o objetivo de compreender o funcionamento geral do espaço, suas ameaças e possibilidades de aplicação da resiliência urbana às inundações.

O primeiro capítulo aborda a resiliência urbana, sua abrangência e conceitos, o contexto internacional e um panorama nacional acerca do assunto, mostrando como cidades estrangeiras e nacionais aplicaram a resiliência em seus contextos e a resiliência urbana às inundações.

O segundo capítulo é dedicado à infraestrutura urbana, os sistemas de drenagem urbana e como ela está relacionada a resiliência das cidades, seus impactos e alternativas, mostrando exemplos de infraestruturas urbanas resilientes e não resilientes a inundações, inclusive em São Luís.

O terceiro capítulo trata das inundações pela elevação do nível do mar, mostrando as causas, como por exemplo as mudanças climáticas, e como elas afetam os ecossistemas, principalmente os manguezais, presentes na área de estudo. Também fala das áreas sujeitas inundações e o planejamento para tais áreas.

O quarto e último capítulo traz a simulação da capacidade de resiliência urbana no recorte do bairro da Liberdade. Descreveram-se aqui, algumas considerações sobre o surgimento do bairro e a ocupação. Mapas temáticos de apoio à pesquisa foram apresentados e a avaliação da capacidade de resiliência urbana neste contexto, demonstrada através da simulação de cenários de inundação costeira, conforme previsões do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

1. RESILIÊNCIA URBANA

A resiliência urbana deve ser estudada se queremos cidades mais preparadas para enfrentar os desafios iminentes da atualidade, tais como desastres naturais e crises socioeconômicas. Além das mudanças climáticas que o planeta enfrenta, que ameaçam as populações e a vida urbana no geral, muitos problemas estruturais das cidades são agravados em caso de situações extremas. Tudo isso nos instiga a investigar quais são as características de cidades resilientes e como elas se preparam para enfrentar as ameaças climáticas e como reagem a elas.

Trazendo para o contexto da cidade de São Luís, que apresenta um ecossistema insular e enfrenta ameaças tanto do setor imobiliário, que face às pressões do mercado, quer construir em áreas protegidas por legislações ambientais e que sofre com a falta de fiscalização dos órgãos responsáveis, quanto da falta de planejamento para se preparar para as consequências das mudanças climáticas. Os efeitos da rápida urbanização de São Luís, também fizeram a cidade se desenvolver em detrimento das reservas naturais, ocupando áreas periféricas e vulneráveis. Assim, vemos empreendimentos construídos irregularmente em áreas de proteção das margens dos rios, além de construções informais como as palafitas ocupando áreas alagáveis e de mangue.

Alguns exemplos são o condomínio residencial “Janelas praia do calhau”, da construtora PDG, que está com as obras paradas devido a uma crise financeira interna. O condomínio está localizado nas margens do rio calhau. Outro empreendimento consolidado na mesma localização inapropriada é o Golden Shopping Calhau, construído sobre um curso d’água da bacia do Rio Calhau. Além desses existe também o Condomínio The Prime Residence, que em épocas de chuva é prejudicado com alagamentos devido à proximidade do Rio Calhau.

Segundo a Lei Federal 12.651, que discorre sobre as Áreas de Proteção Permanente:

Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

De acordo com a lei, as margens do rio calhau apresentam como áreas de proteção ambiental as: (Cap. II, Seção 1, Art. 4).

I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros

VI - As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

Figura 1- Área de Proteção Permanente do Rio Calhau e os empreendimentos.



Fonte: Thayná Barroso (2017) baseada em GOOGLE EARTH (2017).

A elevação do nível do mar é uma das consequências das mudanças climáticas, que ameaçam as edificações próximas do litoral, o que parece no curto prazo não gerar grande impacto, mas ao longo prazo tem se mostrado prejudicial aos habitantes e à infraestrutura urbana, como no caso de Recife que entre 1946 e 1988 sofreu um aumento de 5,6 mm no nível do mar/ao ano, o equivalente a 24 cm nesses 42 anos. Esse aumento do nível do mar provocou a erosão costeira e a ocupação pós-praia coma invasão das águas, causando uma redução de mais de 20 metros do comprimento da praia de Boa Viagem, uma área valorizada da cidade do Recife.

Figura 2 - Praia de Boa viagem, Recife.



Fonte: ABRIL VIAGENS, 2016

Para manter e resguardar nossos ecossistemas é preciso planejar. Silva (2017) afirma que uma gestão eficiente dos recursos naturais, com a preservação dos mananciais de abastecimento de água ou da vegetação, também pode contribuir para a resiliência ótima. A resiliência ótima nesse sentido é um estado propício em que a vida urbana pode se recuperar e prosperar diante de eventos ou ameaças extremas.

Figura 3- Praia da Piedade, região metropolitana de Recife.



Fonte: Felipe Leite, 2011

Etimologicamente a palavra “resiliência” vem do latim *resilire*, que significa saltar, pular, ricochetear (ALEXANDER, 2013).

A resiliência em si, é um termo que veio da Física para descrever a propriedade de certos materiais a se recuperarem depois de sofrerem um choque, mas que vem sendo usado ao longo dos últimos anos em outros campos de estudo, tais como psicologia, economia, geografia, ecologia e ciências sociais. Sendo a ecologia e as ciências sociais mais influentes para o que se entende hoje do termo “Resiliência Urbana” (FERREIRA, 2016).

A Resiliência Urbana, é um termo que vem sendo alvo de muitas especulações devido aos seus múltiplos significados, e os estudos precedentes de ecologia de Holling (1973) ajudaram a embasar o conceito de resiliência urbana, segundo ele “resiliência é a medida da persistência dos sistemas e de sua capacidade em absorver mudanças e perturbações e ainda manter as mesmas relações entre populações ou variáveis de estado”. Esse conceito permite avaliar a capacidade de um sistema de enfrentar e se recuperar de choques, seja utilizando sua capacidade de absorção, reorganizando seus componentes ou beneficiando das relações com outros sistemas visando chegar a um novo estado de equilíbrio (HOLLING, 1973).

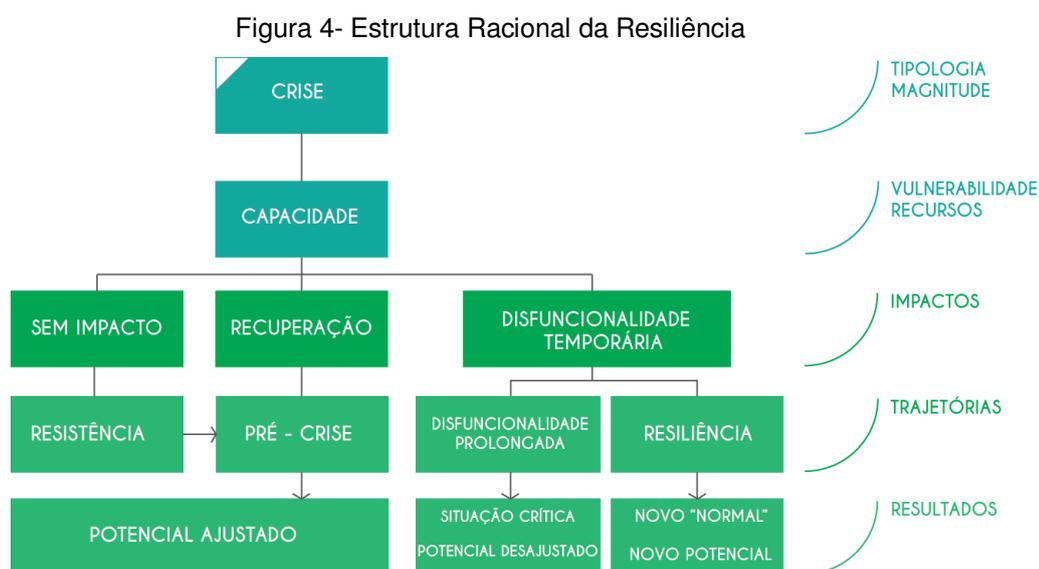
Tomando a definição de Holling (1973), como parâmetro para nosso conceito de resiliência aplicado ao ambiente urbano, é preciso reconhecer a cidade como um sistema que além de sofrer o impacto, é responsável por aderir e acomodar-se às incertezas e mudanças causadas pelos desafios enfrentados, e deve ser preparada para tais previsões, apesar do caráter imprevisível do futuro das cidades.

Para além disso, existem tipologias de resiliência urbana em relação a como a comunidade reage aos eventos que podem ser advindos de ameaças internas ou externas.

Gonçalves (2017) categoriza essas tipologias de resiliência como por: Resistência, Reposição e Superação. Na primeira situação, por Resistência, a cidade ou região consegue superar crises porque a sua conjuntura socioeconômica é sólida de tal forma que os efeitos são dispersados ou irrelevantes. No segundo caso, por Reposição, a cidade retrocede, mas tem

maleabilidade necessária para retornar ao arranjo de desenvolvimento prévio, tomando, porém, o tempo necessário para que a situação seja favorável novamente. Por fim, a terceira situação, por Superação, onde a cidade é bem-sucedida e não somente absorve os maiores impactos, como recupera-se e retorna ao estado prévio, em um cenário melhor de desenvolvimento que no pré- crise, levando-se em consideração que a situação pré-crise não fosse favorável hipoteticamente.

Na figura a seguir a estrutura racional da resiliência urbana é explicada do ponto de vista de Gonçalves (2017), que diante da classificação da tipologia ou magnitude da crise, pode avaliar sua capacidade e assim definir os tipos de impactos e prever, mesmo que hipoteticamente, uma trajetória de recuperação ou não, expondo resultados positivos, negativos ou neutros. Vale ressaltar que a resiliência urbana nesse caso assume um caráter de avaliação dos sistemas urbanos, expondo as fragilidades e potencialidades da infraestrutura socioeconômica e contribuindo para estudos.



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Gonçalves (2017).

Em uma abordagem mais recente a resiliência urbana é definida como “a capacidade de indivíduos, comunidades, instituições, negócios e sistemas dentro da cidade, a sobreviver, se adaptar e crescer independente das pressões crônicas e choques extremos que estes sofram” (FRIEDMAN e LEE, 2017). Frequentemente o termo resiliência vem sendo explanado em oposição a

vulnerabilidade, sendo apresentadas como características antagônicas, enquanto a resiliência seria positiva, a vulnerabilidade seria negativa, neste caso a vulnerabilidade social dos habitantes e da cidade.

(...) a vulnerabilidade social é definida como situação em que os recursos e habilidades de um dado grupo social são insuficientes e inadequados para lidar com as oportunidades oferecidas pela sociedade. Essas oportunidades constituem uma forma de ascender a maiores níveis de bem-estar ou diminuir probabilidades de deterioração das condições de vida de determinados atores sociais. ABRAMOVAY (2002) apud GUARESCHI et al (2007).

Porém segundo o estudo de Boer, Muggah e Patel (2016) a realidade das cidades não é linear e objetiva, não há cidades que podem ser descritas como exclusivamente vulneráveis ou resilientes, elas podem apresentar as duas características simultaneamente.

De fato, as cidades podem vivenciar formas agudas e crônicas de vulnerabilidade devido a riscos cumulativos, ao mesmo tempo que exibem elementos de resiliência. (BOER, MUGGAH e PATEL, 2016, p.03).

Para Silva (2014) a resiliência está mais ligada à como a comunidade enfrenta os choques e impactos, moldando-se de forma a aderir à mudança causada pelos desafios e melhorando a qualidade de vida, sem necessariamente voltar para o estado inicial pré-existente. Segundo ele a resiliência urbana é:

Processo que relaciona um conjunto de capacidades de pessoas, comunidades e cidades no enfrentamento de riscos ambientais, de tal modo que esse resulte na minimização do impacto e na geração de adaptação e aumento do bem-estar. (SILVA, 2014, P. VII)

Em contraste às outras abordagens anteriormente citadas, para Baltazar (2010) nem sempre a resiliência urbana é uma boa opção para cidades, se levarmos em conta a manutenção das relações de produção capitalistas.

Mesmo que a resiliência seja central na agenda do design e do planejamento urbano da atualidade, não podemos esquecer que, se

levada a sério como um conceito aplicado, ela leva à manutenção das relações sociais de produção, já que resiliência significa a capacidade do sistema de se recuperar da mudança e voltar à sua forma original. Essa manutenção não significa apenas a estabilidade do ambiente urbano evitando o colapso, mas a manutenção do crescimento econômico, que é incompatível com a sustentabilidade ambiental. (BALTAZAR, 2010, p.04)

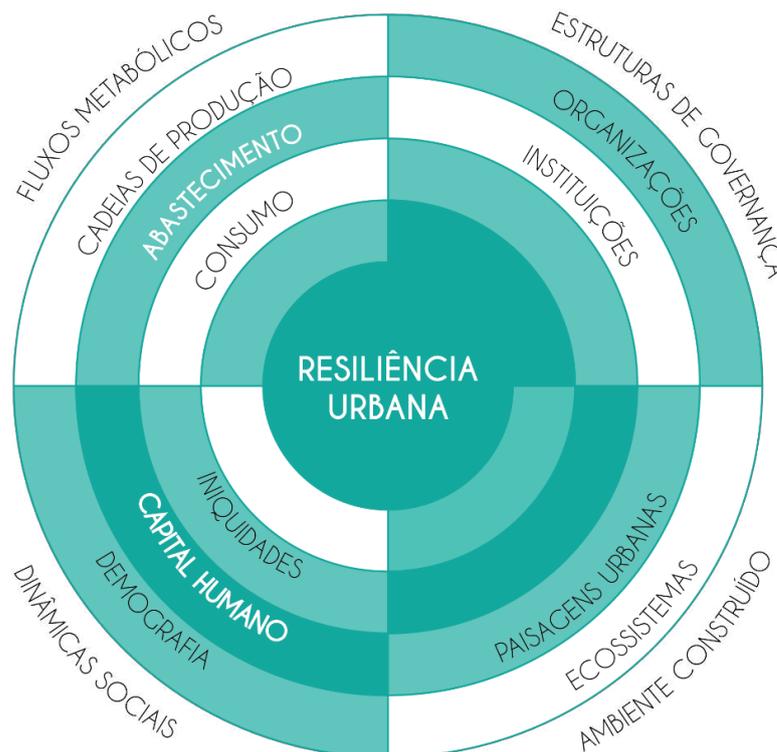
Ao reconhecermos que as cidades são sistemas complexos e que estão em constante mudança, torna-se claro que seus desdobramentos são difíceis de prever e tratar. Portanto a manutenção de uma estrutura urbana falha e vulnerável pré-crise não se torna ideal, abrindo espaço para discussão de como se recuperar de uma mudança significativa, evoluindo para um modelo urbano mais favorável ao bem-estar coletivo. As cidades como sistemas complexos são difíceis de prever o comportamento futuro, mas possuem um caráter resiliente por si só, se adaptando e se moldando às intempéries que sofrem.

As áreas urbanas são tão complexas que planejar para qualquer eventualidade é quase impossível. Portanto, na construção da resiliência, deve haver aceitação de que mudanças acontecerão, mas que elas não podem necessariamente ser previstas. Aceitar as incertezas e as mudanças que compõem os sistemas urbanos, requer uma nova mentalidade daqueles que os projetam e gerenciam. (SILVA, 2017, p.95.)

Sabendo que mesmo que a recuperação aconteça lentamente e ao longo do processo tome outros rumos, devido à imprevisibilidade do sistema, o novo ponto de equilíbrio irá se instaurar e a resiliência urbana será cultivada, como meio de preparar as cidades para eventos extraordinários. Ainda em relação às cidades:

Entendidas como sistemas adaptativos complexos, as regiões urbanas policêntricas ou as cidades-região caracterizam-se por serem sistemas abertos, podendo manifestar níveis de conexão internos muito distintos. São sistemas que geram e recebem enormes fluxos de energia, matéria e informação, obrigando as suas estruturas internas (sociais, econômicas, biofísicas) a lidar com flutuações que tanto podem ser de progressão lenta como de manifestação repentina. (GONÇALVES, 2017, p.374)

Figura 5 - Dimensões da Resiliência Urbana



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Gonçalves (2017) apud *Resilience Alliance* (2007).

Ainda segundo o estudo de Gonçalves (2017) a resiliência urbana perspectiva-se em uma organização de muitos níveis, dividida em quatro eixos temáticos, sendo eles os fluxos metabólicos, as dinâmicas sociais, as estruturas de governança e os ambientes construídos. Onde esses eixos de pesquisa convergem é que se localiza a ideia de resiliência urbana.

O balanço que resulta da consideração conjunta das quatro esferas produz o que podemos designar por resiliência geral, a qual se adequa melhor a natureza dos sistemas urbanos. (GONÇALVES, 2017, p. 378)

Tendo em vista a gama de definições e conceitos acerca de resiliência urbana, o que se pode apreender é que a resiliência não se restringe apenas à capacidade de se recuperar de impactos perante fenômenos extremos ou uma condição a ser atingida, tampouco um conjunto de medidas universais genéricas para as cidades tornarem-se preparadas para desafios, visto que cada cidade apresenta uma configuração sócio espacial única, ao invés disso, a resiliência visa o desenvolvimento de um processo e uma cultura urbana aberta, preparada

e favorável a mudanças. Uma sociedade maleável e adaptativa do ponto de vista físico e social consegue resistir e evoluir melhor frente aos desafios recorrentes do futuro das cidades e assim atingir uma resiliência ótima.

Diante disto, iremos nos apoiar no entendimento de Silva (2017) sobre resiliência urbana, que discorre como as regiões urbanas são complexas e que mudanças fazem parte da imprevisibilidade das cidades na construção da resiliência urbana. Assim sendo, este trabalho irá abordar a resiliência urbana a inundações pela elevação do nível do mar, levando em conta estas definições do autor.

1.1. Resiliência urbana no contexto internacional

Várias cidades do mundo estão tomando medidas para promover a resiliência urbana em seus contextos, com o auxílio de planos e iniciativas governamentais e privadas, a organização de uma rede de influências que abordam a resiliência urbana nas cidades tem ganhado força ao longo dos últimos anos. Diversas instituições estudam e visam a inserção da resiliência urbana na agenda das cidades, e por esta iniciativa surgiu uma rede de interesse multilateral sobre o assunto.

Através dessa rede que engloba as Nações Unidas, que financia e recebe recursos de fundações privadas, é possível observar os principais órgãos atuantes no estudo de soluções e protocolos para as cidades que enfrentam os mais diferentes tipos de ameaças, que vão desde o desemprego à ameaça da elevação do nível do mar, ou seja, tanto ameaças sociais como físicas.

Analisando as instituições que promovem e buscam engajamento no que concerne à resiliência urbana, destaca-se a iniciativa “100 Cidades Resilientes”, da Fundação Rockefeller, que é uma fundação americana. A iniciativa criada em 2013, tem o objetivo de promover a resiliência urbana em cidades ao redor do mundo, criar uma prática global de resiliência onde cada cidade possa se engajar, para o benefício dos seus cidadãos em tempos de crise ou não.

Porém, segundo o relatório *Resilience in Action* (2016) o projeto não está focado somente em impactos evidentes como terremotos, incêndios, inundações, mas também nos impactos que enfraquecem o tecido da cidade no dia a dia e que fazem parte de um ciclo negativo.

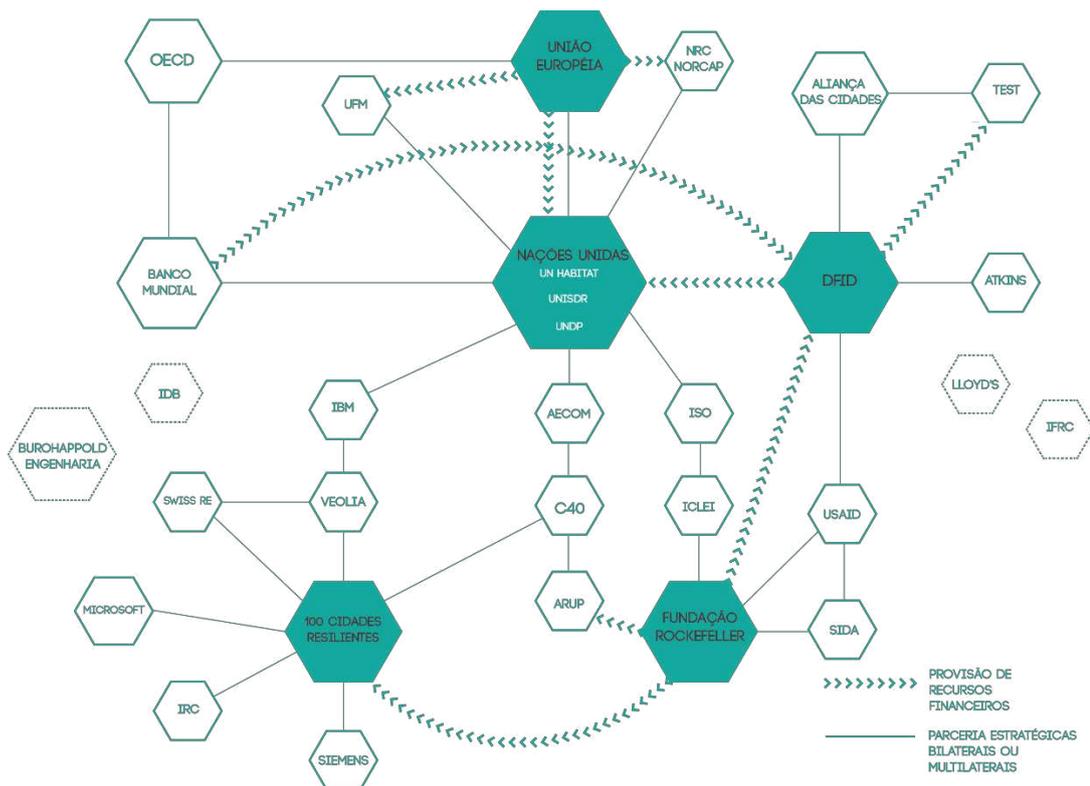
Abordando todos os tipos de impactos com uma estratégia unificada e compreensiva, uma cidade é melhor equipada para responder a eventos adversos e capaz de exercer suas funções básicas em tempos de dificuldade ou de crise.

O relatório *Resilience in Action* (2016) ainda explica que são oferecidas quatro oportunidades-chaves, às cidades participantes do projeto, são elas orientação financeira e logística, para estabelecer uma nova posição no governo; um CRO (*Chief Resilience Officer*¹); suporte de especialistas para o desenvolvimento e construção de uma estratégia de resiliência sólida; acesso a soluções, fornecedores e parceiros de setores públicos ou privados, que possam ajudar a implementar as estratégias definidas; e associação na rede global de cidades membros, permitindo aos gestores se ajudarem e aprenderem uns com os outros, acelerando o progresso do projeto.

A esperança é que as cidades incorporem as medidas de resiliência, institucionalizando-as em seus governos em todos os níveis, de tal forma que o planejamento para o futuro da cidade seja completo e resiliente.

¹ Uma espécie de chefe responsável pela coordenação dos projetos de resiliência nas cidades.

Figura 6 - Rede Global de Agentes da Resiliência Urbana.



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de UN-Habitat (2017).

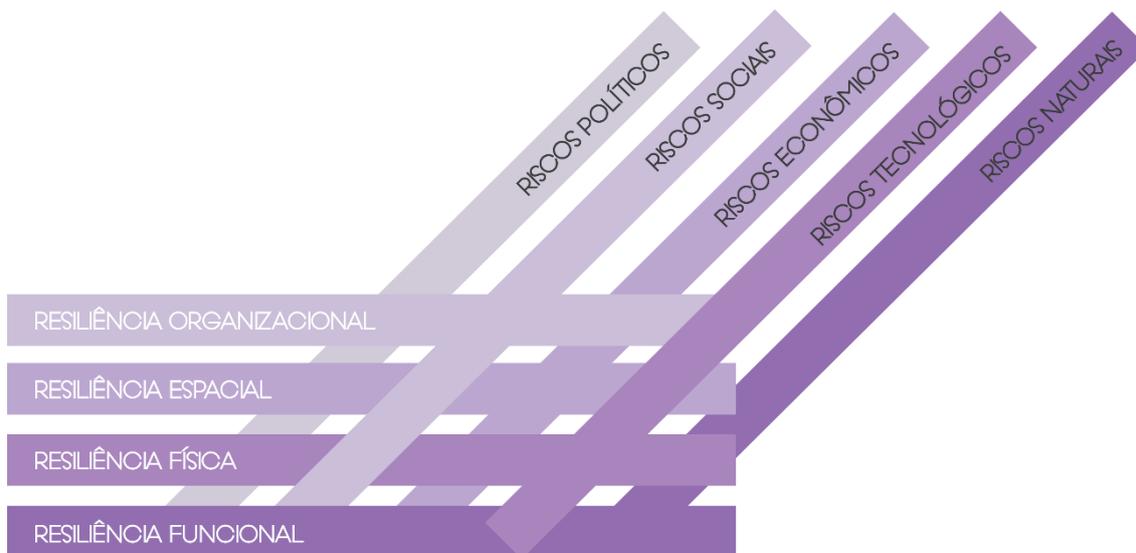
No que diz respeito às avaliações e perspectivas globais há sempre que se questionar se o objetivo é a resiliência como meta ou como método, segundo Farias (2017). No sentido de encontrar uma metodologia, ainda de acordo com o autor, a resiliência vem como contribuição para a sistematização de abordagens globais e enviesadas nos métodos de avaliação. Ele ainda explica que tendo em vista que o poder de resiliência pode ser explanado por diversos fatores, biofísicos, sociais ou espaciais, possibilitando “(.) uma análise prospectiva para melhorar o potencial de adaptação e recuperação.” (FARIAS, 2017, p. 06). O autor continua:

Essa vocação para as abordagens globais e transversais parte da ideia de que a resiliência assimila o espaço urbano a um sistema dinâmico complexo que deve se adaptar permanentemente, e de um modo holístico e integrado, aos diversos desafios. (FARIAS, 2017, p. 07).

Continuando sua exploração, o autor cita a contribuição do documento preparatório para a reunião do Habitat III – ONU (2015) que afirma que:

(...) a resiliência urbana é ao mesmo tempo uma aspiração e método que serve de base para um grande leque de intervenções e investimentos estratégicos em um “sistema urbano” que pode ser compreendido através das inter-relações entre as escalas (organizacional, espacial, física e funcional) e os diversos riscos (naturais, tecnológicos, econômicos, sociais e políticos). (FARIAS apud HABITAT III – ONU (2015), 2017, p. 07).

Figura 7- Modelo Conceitual de Abordagem de sistemas urbanos através da resiliência.



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de FARIAS (2017) apud HABITAT III – ONU (2015).

Em relação a conferência HABITAT III, organizada pela ONU e UN-HABITAT, o documento que resultou da série de debates e discussões, conhecido como *The New Urban Agenda*, ou Nova Agenda Urbana, aborda a resiliência em um dos seus eixos principais.

De acordo com o documento, no que se refere a visão compartilhada dos países participantes, no adendo “g” estão listadas a adoção e implementação do gerenciamento dos riscos de desastre, redução da vulnerabilidade, incentivar a resiliência e resposta a danos naturais e humanos, adotando maneiras de mitigação ou adaptação a mudança climática. O próximo adendo “h”, já aborda a visão mais relacionada ao meio ambiente, citando a proteção, conservação, restauração e promoção dos ecossistemas, água, habitats naturais e biodiversidade, minimizando seu impacto ambiental e mudança para o consumo sustentável e padrões de produção.

Já nos acordos para a promoção de um desenvolvimento urbano sustentável, o compromisso 51 cita a melhoria da eficiência de recursos, da resiliência urbana e da sustentabilidade do meio ambiente. O compromisso 67, cita a melhoria da resiliência das cidades à desastres e às mudanças climáticas, incluindo enchentes, secas e ondas de calor, bem como melhorar a segurança alimentar e nutrição, saúde física e mental, qualidade do ar ambiente, reduzir ruídos e promover cidades, vilarejos e paisagens urbanas atrativas e sociáveis, além de priorizar a conservação de espécies endêmicas.

Contudo o principal compromisso da Nova Agenda Urbana (2016), no que se refere a resiliência urbana, é o compromisso 77 que diz que:

Nos comprometemos a fortalecer a resiliência das cidades e assentamentos urbanos, incluindo através do desenvolvimento , uma infraestrutura de qualidade e planejamento espacial, adotando e implementando planos e políticas integradas, responsivas a idade e gênero, abordagens baseadas no ecossistema, alinhadas com a Estrutura Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030 e tornando corrente a redução holística e baseada em dados, do risco de desastres e gerenciamento em todos os níveis para reduzir vulnerabilidades e ameaças, especialmente em áreas propensas ao risco em assentamentos formais ou informais, incluindo favelas, e permitir famílias, comunidades, instituições e serviços se prepararem para responder, se adaptar e rapidamente se recuperar dos efeitos das ameaças, incluindo choques ou estresses latentes. Nós iremos promover o desenvolvimento de infraestrutura resiliente e com recursos eficientes, e iremos reduzir os riscos de impacto dos desastres, incluindo a reabilitação e melhoria das favelas e assentamentos informais. Também iremos promover medidas de fortalecer e reformar todo o estoque de casas em situação de risco, incluindo favelas e assentamentos informais, para torná-las resilientes a desastres, em coordenação com as autoridades locais e as partes interessadas. (NEW URBAN AGENDA – UN, 2016, p. 21)

Figura 8 - Roteiro da Conferência HABITAT III



Fonte: NEW URBAN AGENDA, 2016

Através da nova agenda urbana será possível observar e fiscalizar os países participantes, se estão cumprindo e tomando os rumos necessários para tornar as cidades mais sustentáveis e resilientes. Como exemplos de cidades na América do Sul, região que enfrenta grande parte dos problemas decorrentes da rápida urbanização e a consequente expansão dos assentamentos informais, que tomaram ou estão tomando medidas resilientes e avançando nesse campo, temos Medellín, na Colômbia e Guayaquil no Equador.

Figura 9 – Sistema de teleféricos em Medellín.



Fonte: 100 RESILIENT CITIES, 2017

Na cidade de Medellín, que entre 2002 até os dias de hoje reduziu sua taxa de pobreza para 22,5%², segundo o relatório *Cities Taking Action* (2017), através do esforço acertado de vários grupos dentro e fora do governo da cidade, que juntos consideraram sistematicamente os desafios da cidade – crime, pobreza, falta de serviços sociais, comunidades díspares, falta de oportunidades – como sendo interconectados. Notavelmente, a cidade desenvolveu um moderno sistema de transporte que conecta comunidades segregadas ao resto da cidade, reduzindo drasticamente o tempo de deslocamento para o trabalho e engarrafamentos, aumentando a coesão social, e oferecendo maiores oportunidades econômicas. A cidade de Medellín foi realmente pioneira em resiliência urbana aplicada ao setor de transportes públicos.

² Segundo Medellín. “*Resilient Medellín, a Strategy for Our Future.*” 100 Resilient Cities. 2016.

Porém, Medellín ainda enfrenta dificuldades com as favelas que se formam ao redor dela, e que continuam a se expandir apesar do risco de deslizamentos. Apesar disso, a cidade mudou sua abordagem em relação a essas comunidades informais, que antes visava a erradicação das favelas e hoje está praticando uma abordagem mais humana e preocupada em melhorá-las e incorporá-las formalmente ao tecido da cidade. Medellín reconheceu que a segurança dessas comunidades é intrínseca à habilidade da cidade triunfar, por isso o governo está tomando passos concretos para reduzir a vulnerabilidade à terremotos e deslizamentos e desenvolvendo habilidades locais.

A cidade também criou um manual em parceria com a *Build Change*³, que estabelece procedimentos técnicos e diretrizes para modernização de casas espalhadas pela Colômbia, para serem resilientes à terremotos, e junto aos órgãos reguladores da construção no país aprovou o plano para que seja usado em qualquer município. Com a ajuda do Banco Mundial e de subsídios federais a cidade procura expandir sua abrangência nos anos a vir. Junto com os benefícios das casas modernizadas para as famílias de Medellín, as reformas em massa irão reduzir os riscos da cidade como um todo de enfrentar perdas e casualidades significantes em caso de um grande evento sísmico e deslizamento.

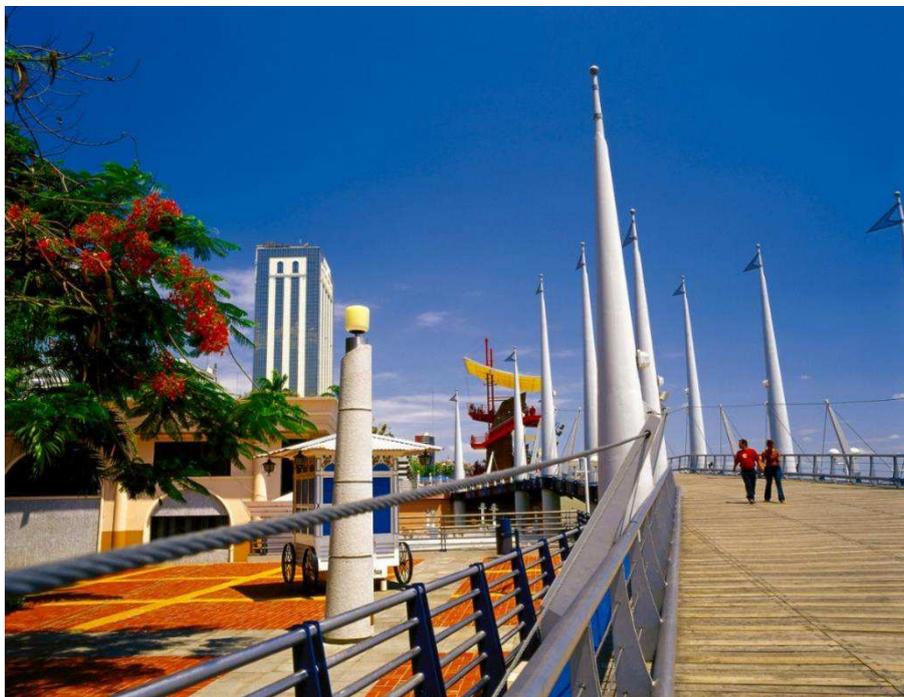
Já na cidade de Guayaquil no Equador, segundo o relatório *Trends in Urban Resilience* (2017), da UN-Habitat, os problemas enfrentados são muito semelhantes aos de outras cidades que sofreram e sofrem até hoje, com os efeitos da rápida urbanização. A cidade equatoriana que é a mais populosa do país e possui um dos portos mais importantes da América do Sul e Caribe, sendo responsável por 25% do PIB anual do país. No entanto Guayaquil, sofreu sérios problemas nas décadas de 60,70 e 80, com a rápida urbanização informal das colinas ao redor da cidade, e a decadência geral do município devido ao aumento da criminalidade e da corrupção, o que levou à perda do status de “Cidade Pérola” que os habitantes tanto estimavam.

³ Plataforma Parceira do 100 Cidades Resilientes, uma organização que apoia os esforços das cidades para melhorar a segurança das edificações através do retrofit sísmico.

Porém graças a um plano pioneiro no país, de regeneração urbana participativa do beira-rio do rio Guayas, que se deu a partir da década de 90, com a liderança do prefeito León Febres Cordero e de grupos dos setores públicos, privados e da sociedade civil, a cidade pôde progressivamente restaurar o status da cidade e resolver problemas cruciais para a evolução de Guayaquil.

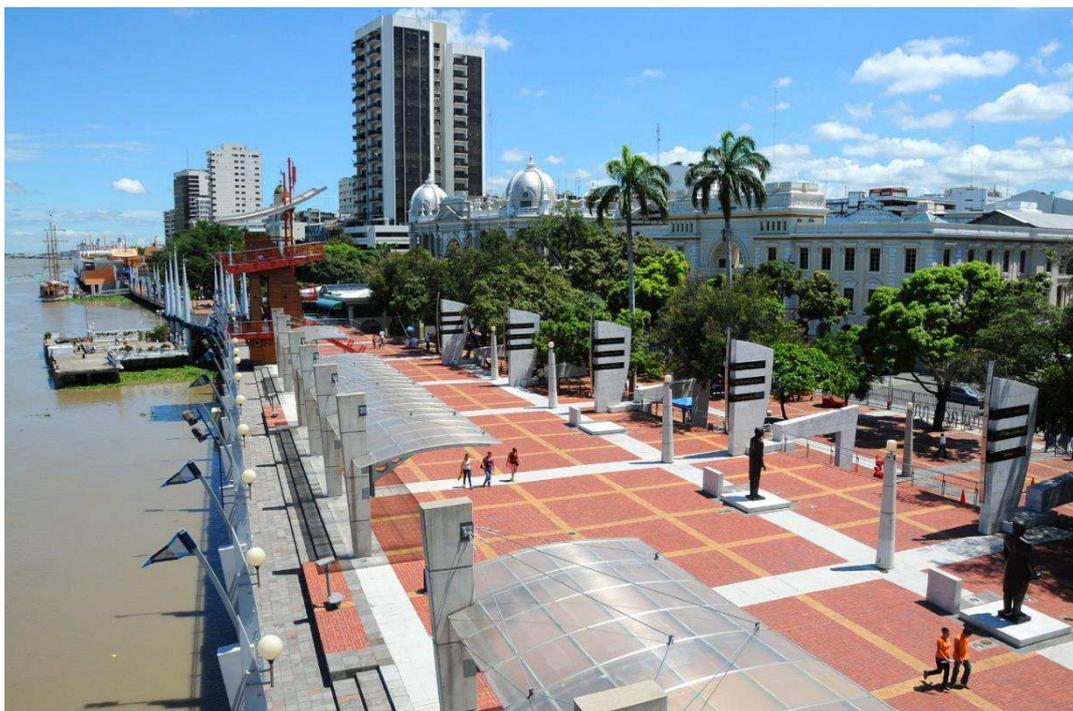
O objetivo do prefeito era restaurar a imagem da cidade e a autoestima dos habitantes através de um processo de regeneração urbana, mas primeiro ele precisou reorganizar as finanças e a administração, para ir rumo a uma autonomia municipal efetiva. León lançou campanhas de apreciação da cidade, reorganizou os serviços de coleta de lixo com a parceria do setor privado, além disso o prefeito também criou um departamento de áreas verdes, que visava a implantação de uma rede de parques pela cidade, o que posteriormente se integrou ao plano de regeneração do beira-rio Simon Bolívar.

Figura 10- A beira rio da cidade de Guayaquil, conhecida como Malécon Simon Bolívar.



Fonte: GUAYAQUIL ES MI DESTINO, 2017

Figura 11- Beira Rio Simon Bolívar, parte do projeto "Imagem-Objetivo".



Fonte: GUAYAQUIL ES MI DESTINO, 2017

Quando um banco local, La Previsora, propôs uma renovação urbana em larga escala para cidade, em comemoração ao 75º aniversário do banco, o prefeito focou-se no projeto da beira rio. O banco então contratou urbanistas experientes do Reino Unido para desenvolverem o projeto, chamado “Imagem-Objetivo”, para a remodelação da beira rio, um passeio público de 2,5 km. Como o projeto tinha poucos recursos municipais para ser executado e na época o Equador passava por uma crise financeira e econômica, a Fundação criada para gerenciar e manter o projeto adotou uma estrutura inovadora de autofinanciamento. Além dos impostos para o uso da área, a cidade aprovou uma lei permitindo doações dos cidadãos para a execução do projeto, deduzidas 25% do imposto de renda, que obteve muito sucesso, mais de 50.000 habitantes participaram e financiaram o projeto, que permitiu a recuperação da confiança da população no governo local.

A beira rio Simon Bolívar (fig. 08) foi inaugurada totalmente em 2002, demorou 5 anos para ficar pronta e custou 100 milhões de dólares, o Projeto “Imagem-Objetivo” foi considerado um sucesso, parte graças a Fundação responsável pela estrutura de operação e financiamento participativo. O projeto

revitalizou a conexão entre a cidade e o rio, e além disso realizou a promoção da cultura equatoriana, bem como favoreceu empregos e desenvolvimento para a economia local. O sucesso desse projeto foi além pois motivou os futuros governantes a seguirem o mesmo modelo de financiamento participativo, que ajudou na realização de vários outros projetos na cidade. O prefeito Leon Febres Cordero reconheceu que para tal abordagem ser eficiente é preciso ser caracterizada por uma forte liderança, participação de vários setores, personificados na estrutura operacional de gerenciamento, e uma abordagem poli setorial inclusiva. Sobre a resiliência em Guayaquil, o relatório da UN-Habitat diz que:

A cidade de Guayaquil não citou explicitamente o conceito de resiliência nas suas estratégias na década de 90, porém a abordagem cruzada do governo local frente ao planejamento urbano melhorou a resiliência econômica, social e ambiental dos habitantes e, portanto, a resiliência geral da cidade. Sendo assim, não foi surpreendente que o modelo aplicado em Guayaquil foi replicado em diversas outras cidades do Equador, como modelo de resiliência urbana para cidades rapidamente urbanizadas da América Latina, que enfrentam decadência urbana. (*Trends In Urban Resilience 2017*, 2017, p.105)

1.2. Resiliência Urbana no panorama brasileiro

Trazendo a discussão para o território brasileiro, somente nos últimos anos temos visto cidades brasileiras desenvolvendo estratégias de resiliência urbana. Sobre as pesquisas realizadas acerca do tema no Brasil, Da Silva (2014) diz que alguns pesquisadores que investigaram as dinâmicas das comunidades pesqueira em Bragança, estado do Pará, agregaram o conceito de resiliência para entender as dimensões locais, socioambientais e avaliar a capacidade de manutenção no contexto da cidade estudada, que foi considerada como sendo um sistema adaptativo complexo. Tal pesquisa foi relevante no sentido de que foi abrangente na aplicação do conceito “resiliência”. Porém o autor faz ressalvas no que diz respeito a cultura de mudança, vista como negativa:

No entanto, ainda notamos a visão relativamente rígida com que é aplicado, onde a mudança é pensada negativamente. Isso fica claro no embate colocado entre as dinâmicas endógenas e exógenas: as primeiras são cruciais para o aumento da resiliência de seus ecossistemas, enquanto a segunda é uma pressão negativa. O

turismo, por exemplo, por não ser tradicional da região, é visto como uma pressão negativa. (DA SILVA, 2014, p.89)

Além disso, para incluir outros precedentes de estudo, citando o caso das enchentes que aconteceram na zona da Mata em Pernambuco em 2010, Silva et al (2012) apud Da Silva (2014), analisaram a ligação entre cidades e desastres em relação a resiliência urbana e da comunidade. Foram realizados trabalhos de campo nas cidades afetadas diretamente, com questionários e presença em eventos sobre o tema. Depois disso foram avaliados a natureza física dos eventos, a atuação do governo, da sociedade civil e dos habitantes e os atos de recuperação das perdas. A importância do protagonismo da sociedade na assistência ao desastre e na criação de alternativas reparadoras superaram a falta de credibilidade do governo em termos de resposta ao desastre. Da Silva explica:

A construção da resiliência foi diretamente relacionada ao fortalecimento institucional e à dinâmica local em termos de aprendizagem e preparo, incluindo os elementos mais clássicos da mitigação de perigos, como obras estruturais, ações preventivas e de recuperação, mas também estimulando ações no âmbito comunitário. (DA SILVA, 2014, p. 90)

No âmbito das cidades que sofreram desastres naturais, Siebert (2012) apud Da Silva (2014) reflete como o planejamento urbano pode ser usado para conhecer as vulnerabilidades, ameaças e a consequente proposição de medidas de mitigação e adaptação, que promoveria a resiliência urbana.

(...) A autora toma o caso de Blumenau/SC, município que tem um histórico de ocupação urbana de ampla degradação ambiental, com fundos de vale aterrados, corte de morros para a abertura de ruas e supressão da vegetação de encostas. Suas conclusões apontam que ambas as medidas, de mitigação para a redução das ocupações de áreas de risco, devem ser incorporadas de forma proativa no planejamento urbano. (DA SILVA, 2014, p. 91)

Tendo em vista as pesquisas e abordagens dos pesquisadores brasileiros sobre o assunto, cabe falar também das organizações internacionais que desenvolvem atividades relacionadas a difundir a resiliência urbana no

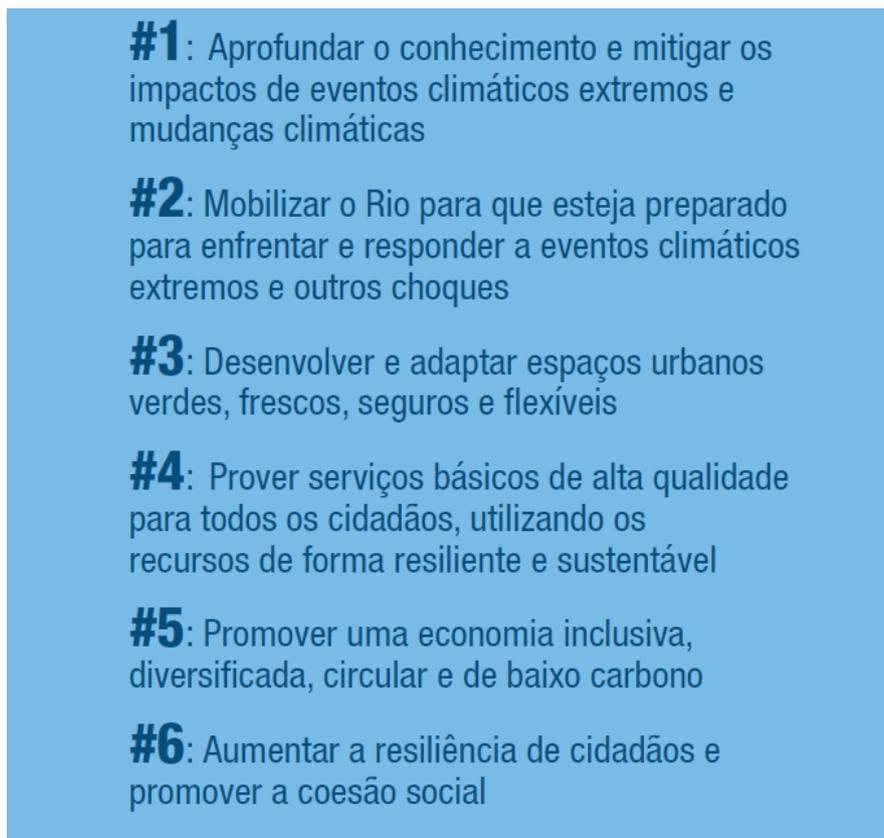
Brasil. O projeto “100 Cidades Resilientes”, da Fundação Rockefeller, em seu primeiro ciclo de projeto em 2013, escolheu as cidades brasileiras do Rio de Janeiro e Porto Alegre, desenvolvendo estratégias específicas para cada cidade, com o apoio e diretrizes dos governos locais. Iremos citar aqui a cidade do Rio de Janeiro e Porto Alegre como exemplos de cidades brasileiras que colocam em prática estratégias de resiliência para superar e evoluir com as tensões e ameaças que enfrentam, levando em consideração que ambas sofrem com o aumento do nível dos mares.

A cidade do Rio de Janeiro busca ser modelo de resiliência até 2035, segundo a “Estratégia de resiliência da cidade do Rio de Janeiro”, lançada em 2016, que expõe a visão de curto e longo prazo com as diretrizes, metas e objetivos que a gestão municipal irá priorizar. Através da estratégia para um Rio de Janeiro mais resiliente, que engloba em suas prioridades uma melhor relação entre a cidade e a água, entre a cidade e sua infraestrutura e entre os cidadãos e a cidade. Esses três objetivos surgiram de uma avaliação preliminar, que aconteceu entre 2013 e 2016, e que culminou na identificação dos principais estresses e choques que ameaçam a cidade do Rio. Para isso adotaram a definição de resiliência como sendo abrangente, ou seja, envolve questões econômicas, sociais, climáticas e de comportamento e gestão. A Estratégia de Resiliência sugere projetos inovadores com conquistas de curto e longo prazo e melhorias evidentes para a diminuição ou mitigação das vulnerabilidades da cidade e o fortalecimento da resiliência. Toda a análise e estudos resultaram em 6 metas para um Rio Resiliente. Ainda segundo o relatório:

Todas as iniciativas da Estratégia de Resiliência envolvem conceitos, projetos e ações específicas que são transversais, multidisciplinares e almejam reduzir os choques e estresses crônicos da cidade. (RIO RESILIENTE, 2016, p. 16).

Porém anos antes, em 2010, quando as fortes chuvas que assolaram o Rio, causando vários deslizamentos de terra e acarretando em uma tragédia para a população, devido ao número de vítimas, fizeram com que a gestão da cidade criasse o Centro de Operações do Rio (COR), forçando-os a desenvolver uma cultura de resiliência na cidade, com uma dinâmica integrada e eficiente.

Figura 12 - Objetivos Estratégicos da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: RIO RESILIENTE, 2016.

Criado em 2010 o COR “funciona como uma sala de situação e coordenação para monitorar o dia a dia e enfrentar os problemas de forma articulada”, segundo o ex-prefeito do Rio Eduardo Paes na carta de apresentação da estratégia de resiliência. O COR monitora tanto situações de segurança pública, violência, como é responsável por disparar alertas em caso de emergências para a população que mora em áreas vulneráveis a desastres, tais como enchentes e deslizamentos.

Em 2015 a prefeitura do Rio começou um processo de consulta pública para elaboração de um plano de longo prazo para a cidade, para isso engajou a população por meios físicos e virtuais a responderem à questão “O que queremos para o futuro da nossa cidade?”. Com uma grande participação e engajamento da população chegaram na Visão Rio 500, uma estratégia de longo prazo, que incorpora o plano estratégico 2017-2020 da cidade, o qual inclui metas específicas, indicadores e orçamentos.

Figura 13- Metas de resiliência da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: RIO RESILIENTE, 2016.

Já em 2016, o município do Rio de Janeiro criou um departamento exclusivo para lidar com as questões de sustentabilidade e resiliência da cidade, agregando-se ao COR e ampliando seu poder político e de atuação na cidade. O Escritório de Resiliência e Sustentabilidade tem autonomia para reivindicar junto a outros órgãos públicos o cumprimento das metas e serve como referência sobre o assunto, para a população, secretarias e demais órgãos.

A cidade do Rio de Janeiro, por conta do seu contexto geológico e geográfico, está exposta às ameaças decorrentes das fortes chuvas que afetam as regiões vulneráveis, de encostas e vales. Além disso, uma cidade totalmente adensada e com um desenvolvimento desordenado aflige o bem-estar dos habitantes, até mesmo colocando-os em risco devido às áreas de encostas que são ocupadas irregularmente e estão sujeitas a deslizamentos. O município historicamente é ameaçado todos os anos pelas intensas precipitações pluviométricas e os deslizamentos de encostas, o que tende a piorar, em quantidade e intensidade, com as mudanças climáticas previstas pelos cientistas, ou até mesmo alavancar outros eventos extremos piores. Para assegurar a integridade dos habitantes, a Defesa Civil do Rio de Janeiro em

parceria com a Secretaria Nacional de Defesa Civil, vem trabalhando para prevenir os riscos e também conscientizar as lideranças comunitárias, tornando assim a cidade como um todo mais preparada. O relatório de 2013 da Defesa Civil do Rio, “Rio de Janeiro em busca da resiliência frente chuvas fortes” esclarece que:

Muito embora, o Deslizamento de Encostas seja a mais trágica consequência das chuvas fortes na cidade, cabe salientar que as enchentes e alagamentos também são problemas recorrentes na cidade. Neste sentido diversas obras de prevenção são realizadas em rios e canais da cidade, entre as quais cabe destacar o Plano de Prevenção Contra Enchentes do Canal do Mangue (...) RIO DE JANEIRO EM BUSCA DA RESILIÊNCIA FRENTE CHUVAS FORTES, 2013, p.02.

De acordo com Michael Berkowitz, presidente da Fundação “100 Cidades Resilientes”, Porto Alegre foi uma cidade pioneira no mundo, e a primeira do Hemisfério Sul a lançar uma estratégia de Resiliência, um processo que foi adotado em outras 100 cidades no mundo todo. Esta iniciativa deu às cidades a chance de reconhecer, reorientar e priorizar vários novos e antigos projetos que seriam capazes de tornar a cidade mais resiliente.

Através da Estratégia de Resiliência de Porto Alegre, a cidade está enfrentando alguns de seus desafios mais importantes de cabeça erguida: as inundações, a diversificação da economia, a violência, a regularização fundiária, o planejamento urbano e rural e um engajamento saudável dos seus cidadãos. (DESAFIO PORTO ALEGRE RESILIENTE, 2014, p. 03)

No geral foram organizados, com ajuda de agentes públicos, privados, universidades, lideranças comunitárias e terceiro setor, seis objetivos estratégicos que irão guiar a cidade a conquistar esta meta principal. São eles a cidade do ecossistema dinâmico e inovador, a cidade da cultura de paz, a cidade da prevenção de riscos, a cidade da mobilidade de qualidade, a cidade da terra legal, a cidade do orçamento participativo (OP) e da gestão resiliente, como mostra o mapa.

Figura 14 - Mapa da Estratégia de Resiliência de Porto Alegre com Visão e Objetivos



Fonte: Thayná Barroso (2017) adaptado de Desafio Porto Alegre Resiliente (2016).

Através da iniciativa de Porto Alegre, que já é referência mundial em processo participativos, mas que quer avançar também, no enfrentamento dos riscos crônicos e agudos. A cidade também colocou uma meta em comemoração ao seu aniversário de 250 anos, em 2022, até lá quer ser uma cidade mais resiliente e se tornar referência. Assim poderá inspirar outras cidades vizinhas do Brasil e da América Latina.

No relatório *Resilience in Action* da organização 100 Cidades Resilientes (2016) cita que em Porto Alegre, a eleição municipal de 2016 seguiu de perto o lançamento da estratégia de resiliência da cidade, potencialmente colocando o futuro institucional do Escritório de resiliência em questão. O Escritório de Resiliência ao invés disso aproveitou a oportunidade, e em agosto de 2016 organizou uma sessão com os 8 candidatos à prefeito e deputados. O CRO⁴ e o time aproveitaram a reunião para apresentar aos candidatos os resultados dos últimos três anos do trabalho de resiliência e buscar o compromisso dos candidatos com a agenda de construção da resiliência, caso fossem eleitos.

⁴ Acrônimo do nome *Chief Resilience Officer*, dado ao maior responsável pelo escritório de resiliência criados nas cidades.

Ao final da reunião, 8 de 9 candidatos assinaram uma carta de compromisso que iriam continuar a implementação das iniciativas listadas na primeira Estratégia de Resiliência de Porto Alegre: honrar o compromisso vigente de investir 10% do orçamento municipal em resiliência; promover a revisão anual e atualização da estratégia, incluindo identificar e apoiar novas iniciativas para resiliência, manter e reforçar o escritório do CRO.

Diante de toda informação exposta, podemos afirmar que existem vários tipos de resiliência, que atuam em diferentes esferas das cidades, seja social, econômica e física. Entretanto neste trabalho iremos nos restringir à resiliência urbana às inundações decorrentes da elevação do nível do mar, e como ela pode impactar na infraestrutura urbana. Além disso falaremos dos tipos de inundações urbanas e como a resiliência urbana está ligada a elas.

1.3. Resiliência urbana quanto à inundação

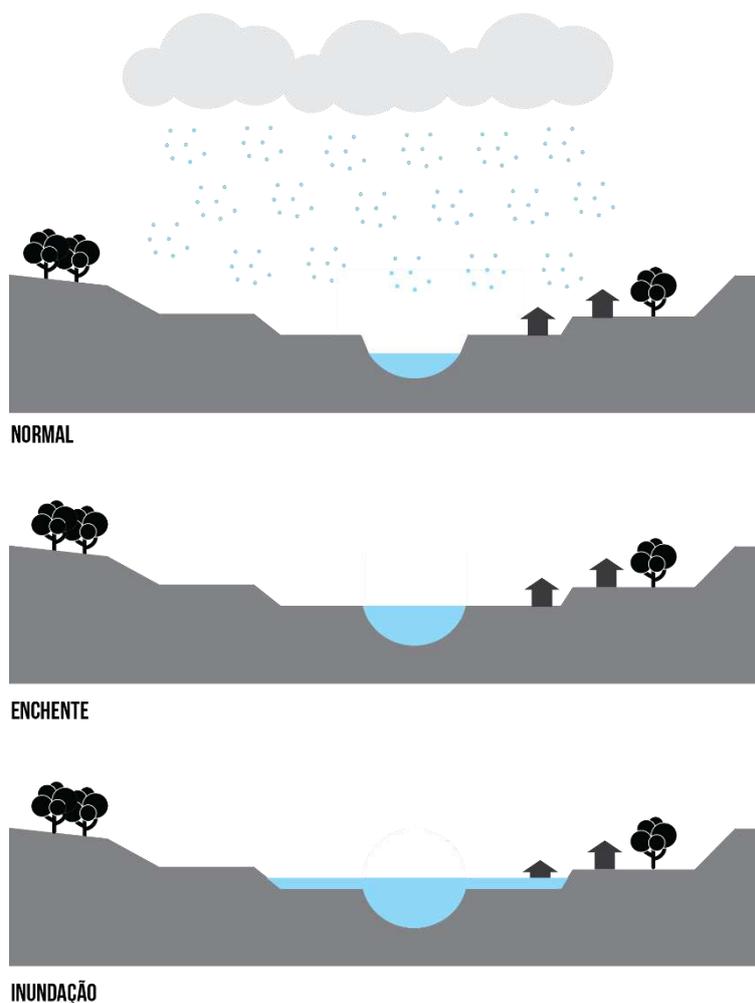
Para compreender o risco de inundações que enfrentam algumas cidades, há que se compreender o que se configura uma inundação, e seus desdobramentos em diferentes ambientes, por exemplo em áreas urbanas e áreas rurais. Para Ramos (2013, p.11)

As inundações são fenômenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa.

Geralmente os termos enchente e inundação são tomados como sinônimos, porém há diferença, segundo Goerl e Kobiyama (2005), enquanto a enchente se caracteriza por um acontecimento natural, devido seu caráter cíclico, a inundação é um evento extremo que causa danos e impactos na área em que ocorre.

Quando as águas do rio se elevam até a altura de suas margens, contudo sem transbordar nas áreas adjacentes, é correto dizer que ocorre uma enchente. A partir do momento que as águas transbordam, ocorre uma inundação. (GOERL E KOBİYAMA, 2005, p.03).

Figura 15- Elevação do nível de um rio.



Fonte: Thayná Barroso, 2017, baseada em GOERL E KOBIYAMA, 2005

Com a crescente urbanização das cidades e seu espraiamento em áreas impróprias, o risco de danos pelas inundações urbanas tem aumentado cada vez mais, devido à falta de políticas preventivas, mudanças no uso do solo e a recusa de decisões por parte dos responsáveis em planejar-se para um futuro incerto. É sobre isso que discorrem (JHA, BLOCH E LAMOND, 2012, p. 21).

Enquanto as cidades incham e crescem para acomodar o aumento populacional, a expansão urbana em larga escala ocorre frequentemente na forma de desenvolvimento não planejado, em áreas alagáveis, costeiras e para o interior dos países, bem como em outras áreas sujeitas a inundações.

Ainda segundo Jha, Bloch e Lamond (2012), entre os problemas que devem ser combatidos, que contribuem para o risco de inundações urbanas estão:

- Aumento nas superfícies pavimentadas e outras superfícies impermeáveis;
- Superpopulação, densidades elevadas e congestionamento;
- Infraestrutura de resíduos sólidos, sistemas de saneamento e drenagem limitados, velhos ou sem manutenção;
- Super-extração de águas subterrâneas levando à subsidência e falta de atividades de gestão de risco de inundação.

Os impactos decorrentes das inundações urbanas são inúmeros, vão desde a proliferação de doenças, danos à infraestrutura urbana, ameaças a população, tanto física como material, além de desgastar a resiliência da comunidade, devido a constante ameaça de inundações regulares todos os anos. Infelizmente a população desfavorecida é a mais vulnerável a este tipo de ameaça, pois sua maioria habita informalmente em áreas alagáveis ou próxima a corpos hídricos, que são considerados inconvenientes para a habitação própria e regular da cidade formal.

Para se construir cidades mais resilientes à inundação é preciso priorizar uma abordagem sustentável e multidisciplinar no planejamento urbano. Se faz necessário o envolvimento de todas as camadas que convivem na cidade, governo, instituições não governamentais e sociedade civil, para que assim sejam desenvolvidas medidas mitigadoras, programas educativos que abranjam escolas e comunidades locais. De acordo com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC (2014) também se faz necessário o cumprimento de normas de construção e os fundamentos de uso do solo, bem como medidas estruturais e não estruturais contra a inundações.

Entre tais medidas, estão a criação de programas educativos e de capacitação em escolas e comunidades locais, o cumprimento de normas sobre construção e princípios para planejamento e uso do solo, os investimentos em implantação e manutenção da infraestrutura que evitem inundações e o estabelecimento de mecanismos de organização e coordenação de ações com base na participação de comunidades e sociedade civil organizada. (SEDEC, 2014, apud BIANCHI et al, 2015, p.04)

Uma gestão integrada de riscos de inundação inclui uma série de medidas, que somadas podem diminuir efetivamente o risco de inundação urbana. Tais medidas são geralmente descritas como estruturais e não estruturais. Para Tucci (2005) apud Da Hora e Gomes (2009) as medidas estruturais consistem em construções da engenharia que reduzem o risco de enchentes, e se caracterizam como extensivas, quando acometem a bacia alterando o sistema fluvial, e intensivas, que acontecem no rio e tem como objetivo prevenir o transbordamento da vazão para o maior leito, causado pela enchente. As medidas estruturais são de extrema importância para a gestão dos impactos das inundações nas cidades, porém tendem a ser inviáveis financeiramente. As medidas estruturais para Tucci (2005, p.74) não são dimensionadas para proteger completamente a bacia, pois isto requeria proteção para o pior cenário possível que viesse a ocorrer.

Esta proteção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança. (TUCCI, 2005, p.74)

O autor afirma que tal suposição poderia levar a ocupação de áreas inundáveis, que poderiam culminar em danos consideráveis. Já as medidas não estruturais ou preventivas, ainda segundo Tucci (2005) apud Da Hora e Gomes (2009, p.60) focam na tentativa de amenizar os danos em função do tratamento feito com a população para lidar com as cheias, e juntamente com as medidas estruturais se complementam, uma necessitando da outra. Entre as medidas preventivas principais estão: previsão e alerta de inundação; zoneamento das áreas de risco de inundação; seguro e proteção individual contra inundação; campanhas educativas de conscientização. Porém as implementações de tais medidas não são livres de impedimentos, pois necessitam o engajamento dos órgãos e partes envolvidas, o que expõe os seguintes autores, no guia de gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI da GFDRR (Global Facility for Disaster Reductions and Recovery).

O desafio de muitas medidas não-estruturais está na necessidade de engajar a participação e a concordância das partes e de suas

instituições. Algumas vezes inclui a manutenção de recursos, consciência e preparação por décadas sem que ocorra um evento de inundação, tendo em mente que a memória de desastres possa se enfraquecer com o decorrer do tempo. Este desafio também se torna maior pelo fato de que grande parte das medidas não estruturais são projetada para minimizar, mas não evitar danos, e, por isso, grande parte das pessoas instintivamente preferem a adoção de uma medida estrutural. (JHA, BLOCH E LAMONDE, 2012, p. 32)

Com todas as informações acerca das inundações urbanas, ainda segundo Jha, Bloch e Lamonde (2012) não é possível ser exatamente assertivo na prescrição de medidas para controlar os riscos de inundação, devido a conjuntura específica de cada região que irá adotá-las. Devido ao alto teor de incerteza sobre os resultados, uma abordagem integrada e planejamento estratégico para cada local é vital. Tal ação deveria envolver um processo participativo acomodando todas as partes interessadas na gestão de inundações, que eventualmente se entrelaçam com a gestão das águas, no planejamento da cidade, e podem incluir ainda questões como regeneração urbana e adaptação às mudanças climáticas.

As inundações afetam a infraestrutura urbana, causando danos que muitas vezes são difíceis de reverter. Diante disso o planejamento da cidade para tais eventos é crucial para a proteção dos investimentos financeiros e estruturais na cidade. Para compreender tais danos vamos nos apoiar nos conceitos de infraestrutura urbana e como ela está relacionada à resiliência.

2. INFRAESTRUTURA URBANA

A infraestrutura urbana é o conjunto de sistemas técnicos de construções físicas e de serviços, vitais para o funcionamento da cidade, ela tem como objetivo assegurar as necessidades dos habitantes e garantir a qualidade de vida. Zmitrowicz e Neto (1997) apud Wakamatsu et al (2005) definiram as funções urbanas como sendo de três aspectos: o aspecto social, que objetiva fomentar condições adequadas de moradia, trabalho, educação, saúde, segurança e lazer; o aspecto econômico, que promove as atividades de produção e mercantilização de serviços e bens; e o aspecto institucional, que deve disponibilizar os meios requeridos para o desenvolvimento das ações político-administrativas urbanas. Portanto a infraestrutura urbana deve objetivar cumprir os serviços requisitados pela dinâmica das cidades, atuando de forma técnica, porque requer certo tipo de operação e de relação com os usuários. O sistema de infraestrutura urbana é formado por subsistemas que revelam como a cidade funcionará (WAKAMATSU et al, 2005).

Para o perfeito funcionamento da cidade são necessários investimentos em bens ou equipamentos que devem apresentar possibilidades de utilização da capacidade não utilizada ou de sua ampliação, de forma a evitar sobrecargas que impeçam os padrões de atendimento previstos. (WAKAMATSU et al, 2005, p. 23)

Sendo assim o autor classifica os sistemas de infraestrutura como o agrupamento dos subsistemas técnicos setoriais seguintes:

- Subsistema Viário
- Subsistema de Drenagem Pluvial
- Subsistema de Abastecimento de Água
- Subsistema de Esgotos Sanitários
- Subsistema Energético
- Subsistema de Comunicações

Neste trabalho iremos nos restringir apenas ao subsistema viário e ao subsistema de drenagem pluvial, devido à extensa abrangência do tópico

infraestrutura urbana e devido ao fato deste trabalho abordar a resiliência urbana às inundações costeiras.

Assim sendo o subsistema viário é formado por redes de fluxos dependendo do espaço urbano que se insere, sendo acompanhado do subsistema de drenagem de águas pluviais, que visa promover o escoamento da água das chuvas coletadas nas áreas urbanas, contribuindo para o trânsito seguro e proteção das áreas construídas, evitando também efeitos das inundações (WAKAMATSU et al, 2005).

De acordo com o IPCC, as mudanças climáticas causaram impactos consideráveis no campo das funções, infraestruturas, serviços e edificações urbanas (IPCC, 2014). O relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016) atribui a vulnerabilidade desses sistemas às mudanças climáticas, ao grau de desenvolvimento, resiliência e adaptabilidade. Ainda citam que as ameaças podem tomar proporções maiores nos países em desenvolvimento como o Brasil, onde os serviços básicos de saneamento não atingem toda a população, que possui tráfego caótico e onde a matriz energética está sempre em discussão. O PBMC (2016) explica que a expansão urbana para além das planícies fluviais formou bairros de alta densidade em detrimento da supressão áreas verdes, o que refletiu em temperaturas mais altas nas superfícies construídas, ao mesmo tempo que as tornam vulneráveis a inundações devido à excessiva impermeabilização do solo.

2.1 Infraestrutura Urbana Resiliente

Em todo o planeta cresce o número de danos causados pelos fenômenos naturais extremos. Estima-se que no ano de 2012, a reparação desses danos custou aos países 160 milhões de dólares no mundo todo. As cidades têm seu caráter vulnerável atrelado a densidade da população. Como exemplos de fenômenos extremos podemos citar o furacão Sandy que ocorreu em Nova Iorque e custou aos cofres americanos 50 bilhões de dólares, devido aos danos causados na área metropolitana da emblemática cidade.

Em 2013, a empresa Siemens juntamente com a *Regional Plan Association*⁵ e a Arup, empresa de consultoria, formaram uma parceria para mostrar às cidades como melhor se preparar frente a esses desastres naturais, realizando um estudo sobre a infraestrutura urbana resiliente, o que culminou no *Toolkit for Resilient Cities*, uma espécie de guia para as cidades adotarem posturas resilientes em relação à infraestrutura, tecnologia e planejamento urbano. As conclusões mostraram que para proteger e manter a eficiência da infraestrutura, a tecnologia é crucial, e que as cidades devem incorporar a resiliência em todas as etapas do planejamento e nas de reforma e manutenção também. Essas medidas reduziriam possíveis danos, alavancariam a produtividade e promoveriam mais segurança para os habitantes, além de poupar o dinheiro público.

Nós não podemos evitar os desastres naturais, mas com nossos conhecimentos e tecnologias podemos proteger melhor nossa infraestrutura. Particularmente em tempos difíceis da economia, as cidades devem investir para minimizar os riscos e torná-los calculáveis. A infraestrutura resiliente não é uma opção, é uma necessidade. Com ela, consegue-se uma cidade mais bem protegida e, ao mesmo tempo, mais eficiente e confiável. (ARUP, RPA E SIEMENS, 2013)

O estudo mostra que apenas remediar, tentando ajustar ou consertar as infraestruturas danificadas sem incorporar medidas de resiliência é demasiadamente oneroso. Investimentos em soluções resilientes previamente, por outro lado, não só protegem de danos, como também tornam a infraestrutura urbana mais confiável e mais eficiente em termos de custos e de consumo de energia. O estudo apresenta cálculos iniciais, baseados em informações da rede de energia de Nova Iorque, que apontam que sem medidas de proteção, a reparação de danos causados por fenômenos naturais, como o furacão Sandy, poderia alcançar US\$3 bilhões nos próximos 20 anos, entretanto investir o mesmo valor em medidas de proteção contra as consequências dos fenômenos, ventos e inundações, e em tecnologias para tornar a rede de energia mais robusta, flexível e inteligente poderia reduzir efetivamente os danos em até US\$2 bilhões e também gerar ganhos de eficiência de aproximadamente US\$4 bilhões,

⁵ RPA, na sigla em inglês, uma organização independente que tem como foco o aumento da qualidade de vida e da competitividade econômica da região de Nova Iorque e Nova Jersey.

em função do aumento da disponibilidade da rede, da estabilidade e da eficiência energética.

A urgência de investimentos em infraestrutura resiliente está aumentando devido ao crescimento das ameaças causadas por fenômenos climáticos extremos. Nas últimas décadas, o intervalo e a magnitude dos desastres naturais aumentaram drasticamente. Segundo as Nações Unidas, a quantidade de ameaças na primeira década do século XXI é duas vezes maior do que a década de 80. Os cientistas atribuem a elevação desse número e do impacto de desastres naturais às mudanças climáticas.

As vantagens da infraestrutura resiliente vão desde as cidades preparadas e equipadas para se recuperar facilmente depois de uma crise, infraestruturas robustas e eficientes em termos de recursos e confiança e a tecnologia resiliente que assume o controle dos sistemas vitais da cidade em tempos de crise.

A ONU em 2012, também lançou um documento chamado “Como construir cidades mais resilientes: um guia para os gestores públicos” no qual elenca 10 passos para mitigação dos riscos a desastres causados por ameaças naturais. Entre eles encontra-se a melhoria da infraestrutura, onde explica que preparar esta esfera física da cidade, que inclui, rodovias, pontes, hospitais, serviços de emergência) é uma forma de proteção. Entre as medidas destacadas está a avaliação da vulnerabilidade aos riscos naturais da infraestrutura já existente e investimento nos projetos de construções de nova infraestrutura, sustentável e em locais adequados, com padrão de resiliência ótimo frente às ameaças e mudanças climáticas. Além disso, reconhecer quais as mudanças físicas do meio ambiente que possivelmente modificariam os padrões de cheias e considerar os futuros impactos das mudanças climáticas, como a elevação do nível do mar, tempestades e chuvas, definindo sistemas de monitoramento e alerta, que acione as autoridades responsáveis sobre os riscos. Porém o guia ressalta que em relação a defesa contra as inundações, o risco aumenta para quem está do lado oposto da proteção e que a confiança em demasia dos habitantes, nos sistemas, possa levar a uma falsa sensação de segurança.

Invista e mantenha uma infraestrutura para a redução de risco, com enfoque estrutural, como por exemplo, obras de drenagens para evitar inundações, e, conforme necessário invista em ações de adaptação as mudanças climáticas. (ONU, 2012, p. 37.)

2.2. Sistemas de Drenagem Urbana

A drenagem urbana é vital para a manutenção da infraestrutura das cidades. Sem o controle e gestão das águas pluviais que impactam a vida urbana, o funcionamento das cidades é afetado. Tanto para o meio ambiente quanto para o homem, um gerenciamento equilibrado e sustentável dos corpos hídricos, gera qualidade de vida na cidade.

O controle e proteção de canais, rios e seus meandros é importante para preservar as características naturais do ecossistema e para não prejudicar o equilíbrio estável das relações hídricas. Se um rio é assoreado e desprovido de sua mata ciliar, afeta a drenagem urbana, pois ele não irá suportar as demandas e irá inundar áreas além de seu leito. Tucci (2005) afirma que o desenvolvimento urbano acelerado prejudicou a população, confinando-a em espaços reduzidos e vulneráveis.

O desenvolvimento urbano acelerou-se na segunda metade do século vinte, com grande concentração de população em pequenos espaços, impactando os ecossistemas terrestre e aquático e a própria população com inundações, doenças e perda de qualidade de vida. Esse processo ocorre em decorrência da falta de controle do espaço urbano, que produz efeito direto sobre a infraestrutura de água: abastecimento, esgotamento sanitário, águas pluviais (drenagem urbana e inundações ribeirinhas) e resíduos sólidos. (TUCCI, 2005, p.09).

Os sistemas de drenagem tradicional são categorizados como “na fonte”, “microdrenagem” e “macrodrenagem” segundo Tucci (2003). O autor ainda discorre explicando que na fonte é a drenagem que acontece pelo escoamento dentro do lote, edificação ou empreendimento de forma individual

como garagens, calçadas e parques. Ele continua explicando que a microdrenagem consiste no sistema de canaletas pluviais ou dutos a nível da rede urbana primária, sendo ideal para atender a demanda de drenagem para chuvas de risco moderado. Já a macrodrenagem engloba os sistemas de coleta dos variados sistemas de microdrenagem, e envolve áreas de 2 km² ou 200 ha. Segundo Tucci (2003, p.50) “esse tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais”.

Apesar da forte influência dos sistemas de drenagem tradicional, segundo Pompeo (2000) na década de 60 alguns países passaram a questionar a tradicional drenagem urbana que, por conta de obras estruturais responsáveis por transportarem as águas em excesso das áreas importantes para outras áreas menos favoráveis, só desloca o prejuízo para outro lugar. Entretanto com o passar do tempo foram surgindo outras formas de abordar estas questões, tais como a priorização das planícies de inundação como objeto do planejamento, evitando ocupações irregulares e usos proibidos, a introdução de medidas compensatórias, que objetivam compensar os efeitos da urbanização sobre os corpos hídricos.

Um sistema de drenagem urbana sustentável é imprescindível para a manutenção das cidades resilientes, pois prepara e adapta a infraestrutura para que ela tenha força suficiente para resistir a eventos extremos em potencial e resistir mesmo em estado de calamidade. Corroborando para o estudo da drenagem urbana sustentável, Pompeo (2000, p.03) afirma que “A perspectiva da sustentabilidade associada a drenagem urbana introduz uma nova forma de direcionamento de ações (...)”, segundo o mesmo, elas se baseiam no “reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade.”. Entretanto estes preceitos demandam que drenagem e controle de cheias para áreas urbanas sofram uma nova conceituação técnica e gerencial.

De acordo com Pompeo (2000) apud Bianchi et al (2015, p.10), o sistema de drenagem urbana sustentável funciona através de ações interligadas que relacionam sustentabilidade com a abordagem de soluções para as

enchentes urbanas em conjunto com as políticas de saneamento e recursos hídricos.

Esse sistema apoia-se na ideia de o ciclo hidrológico da região ser parecido ao ciclo hidrológico natural. O sistema, que é desenvolvido para melhorar a gestão de riscos ambientais, também maximiza as oportunidades de revitalização do espaço urbano e incremento da biodiversidade. (POMPEO, 2000, apud BIANCHI et al, 2015, p.10)

Os autores Bianchi et al (2015) ainda fazem uma comparação entre as diferenças principais entre o sistema de drenagem tradicional da gestão de águas pluviais e o sistema de drenagem sustentável que são os seguintes:

- Rápida eliminação contra amortecimento e reuso, contrariamente ao método tradicional, o controle usado na drenagem urbana sustentável atua na fonte, ou seja, acontece mais perto do local de precipitação;
- Infraestrutura convencional contra infraestrutura verde, os recursos hídricos e as espécies no paisagismo urbano podem adaptar-se para mediar a absorção e o tratamento dos escoamentos de superfície, além de possibilitar a apropriação dos espaços para outros usos, como reservatório de águas pluviais durante fortes chuvas;
- Soluções de controle centralizada contra descentralizadas, considerando a ótica de cidades resilientes é vital reconhecer a extrema exposição e a sazonalidade.

Nesse sentido, as melhorias incrementais descentralizadas surgem como oportunidade de ação em áreas mais vulneráveis. Identificar locais dentro da cidade onde melhorias ou mudanças na infraestrutura de drenagem sejam prioritárias para o planejamento aumenta as chances de opções mais sustentáveis sejam selecionadas ao invés de convencionais. (BIANCHI et al, 2015, p. 10)

Ainda como soluções estruturais de drenagem sustentável os autores citam o pavimento poroso, que combate as extensas impermeabilizações das vias, pois permite a drenagem da água pelo pavimento, coleta e a liberação lenta da contribuição para as redes coletoras subterrâneas, e o sistema de infiltração, que consistem em bacias ou trincheiras coletoras de água que penetram através de camadas de cascalho ou pedra.

2.3 Obras de infraestrutura que não são resilientes a inundações

Devido à falta de preparo e planejamento para o futuro, muitas obras de infraestrutura são executadas em locais inapropriados e vulneráveis às mudanças climáticas e eventos extremos. Sendo assim vemos inúmeros edifícios públicos sendo locados em áreas costeiras, perto de rios e canais. A instalação de escolas, hospitais e equipamentos públicos em áreas de risco, além de causar desperdício de recursos, coloca em risco os habitantes e usuários do local.

A ocupação de áreas risco, desencadeadas pela especulação imobiliária, por sua vez, fruto do desenvolvimento infrene das cidades, somados aos regimes de chuva intensos configuram um dos maiores problemas enfrentados pelos municípios atualmente. (PBMC, 2016, p. 48)

Construções precárias situadas em áreas inundáveis e de alta declividade estão em risco de destruição pela ação direta das águas ou erosão do solo após eventos extremos.

A erosão marinha é um problema para as cidades costeiras, a Praia da Boa Viagem, em Recife, sofre com o problema e a prefeitura adotou como solução o aumento da faixa de areia, em substituição do enrocamento com pedras que foi adotado no passado como medida emergencial e provisória.

Estima-se que o aumento da faixa de areia irá minimizar efetivamente o problema, porém não impede totalmente o avanço das ondas em decorrência da elevação nível do mar, à longo prazo, que pode prejudicar a infraestrutura costeira já existente.

A obra não é resiliente no sentido de não prever as mudanças climáticas futuras, impedindo a população e a cidade de se preparar para tais acontecimentos.

Figura 16 - Orla da Praia de Boa viagem e enrocamento com pedras.



Fonte: BOBBY FABISAK, 2017

Outro exemplo de obra não resiliente é a obra de requalificação da Avenida Beira Mar em Fortaleza, o projeto que contempla a construção de quiosques, banheiros, embarcadouros, requalificação da feira de artesanato, tratamento paisagístico e um aterro sanitário, se situará na beira-mar, entretanto não prevê nenhum dispositivo de controle ou prevenção contra inundações, a curto ou longo prazo. Orçada em 232 milhões de reais, a obra de infraestrutura urbana gera uma grande demanda de recursos financeiros do governo federal e estadual, que poderá ser prejudicada no futuro por conta de manutenções dispendiosas e tratativas em caso de eventos extremos.

Figura 17 – Futuro Mercado dos Peixes na beira-mar de Fortaleza.



Fonte: Ricardo Muratori Arquitetura, 2016

Na ilha de São Luís, as obras que não são resilientes se concentram em áreas costeiras, planícies inundáveis e áreas de proteção ambiental. As regiões mais vulneráveis são geralmente ocupadas por famílias de baixa renda, como nos bairros da Camboa, Liberdade, Fé em Deus e Alemanha, que segundo Burnett e Silva (2015) originaram-se de várias comunidades de palafitas assentadas na área de manguezal, anteriormente, a ocupação toda região era influenciada diretamente pela maré e pelos igarapés que recebiam sua influência com a amplitude das marés, que variam consideravelmente, podendo chegar a 8 metros deixando a área temporariamente submersa (Souza, 2005, p.27 apud Burnett e Silva, 2015, p.05).

Como exemplo de obra não resiliente podemos citar o projeto PAC do Rio Anil, que engloba os bairros anteriormente citados. Devido à remoção de área de mangue e construção em áreas inundáveis pela maré, sem qualquer planejamento para a elevação do nível do mar, ou proteção dos habitantes que vivem ainda nos canais que cortam os bairros. Posteriormente iremos abordar o assunto relacionado ao bairro específico que será estudado neste trabalho, o bairro da Liberdade.

Segundo Burnett e Silva (2015) o PAC do Rio Anil foi aprovado em 2007, envolvendo recursos do estado e do Ministério das Cidades, e previa a urbanização de uma área de cerca de 175 hectares e uma abrangência de 14.500 famílias beneficiadas, suas metas compreendiam 5 componentes principais: a construção de mais de 2.700 habitações para realocação de famílias moradoras de palafitas; regularização fundiária com entrega de aproximadamente 10.000 de títulos de propriedade; 6.000 melhorias habitacionais; instalação de equipamentos urbanos como praças, centro cultural e mercado; e construção de avenida beira-rio, que previa abranger uma extensão 4,5 km mas foi reduzida para 3,8 km devido ao alto custo e complexidade da obra viária sobre o mangue (BURNETT E SILVA, 2015).

Ainda segundo os autores, o projeto tinha o prazo de 3 anos, de 2007 a 2010, mas devido à falta de planejamento e falta de gestão as obras se tornaram morosas, e até o presente ano não foi finalizado completamente. Tendo mudado de gestão da secretaria estadual, atualmente com novas licitações as

obras parecem chegar ao fim, dez anos depois, com mudanças no projeto original. A avenida beira-rio prevista virou prioridade, e foi inaugurada com o nome de Avenida IV Centenário, em homenagem aos 400 anos de São Luís, porém foi renomeada e agora se chama Avenida Jackson Lago, em memória ao falecido governador.

(...) O avanço da obra viária foi inicialmente lento e descontínuo, pois dependia da remoção de núcleos de palafitas que existiam no seu alinhamento e que não podiam ser retiradas uma vez que os conjuntos habitacionais não estavam concluídos. Além disso, também o sistema de contenção se mostrava inadequado para área de mangue, o que obrigou igualmente a períodos de pausa. (BURNETT E SILVA, 2015, p. 06)

Figura 18 - Intervenção assinalada e imagem de satélite com a delimitação das obras do PAC Rio Anil em 2011.



Fonte: SECID, 2011

2.4 Obras exemplares resilientes contra inundações

As obras resilientes levam em consideração as previsões de elevação do nível do mar e assim planejam as obras de infraestrutura já pensando em prevenir algumas consequências ou até mesmo mitigá-las. Muitas delas preservam ou tentam recuperar áreas degradadas ambientalmente. Uma dessas iniciativas é a do coletivo de arte e design húngaro “Szövetség'39” que em 2013 revelaram um conceito inédito para reduzir o impacto do aumento do nível do

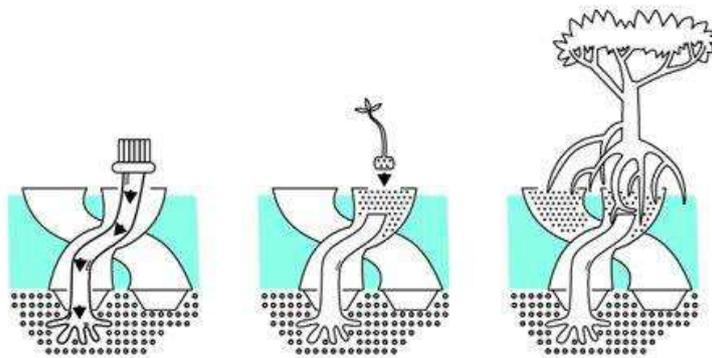
mar nas regiões de deltas, introduzindo uma estrutura modular biodegradável que cultiva espécies de mangue para formar diques naturais.

Figura 19 - Simulação da implantação dos módulos no manguezal



Fonte: Szövetség'39, 2013

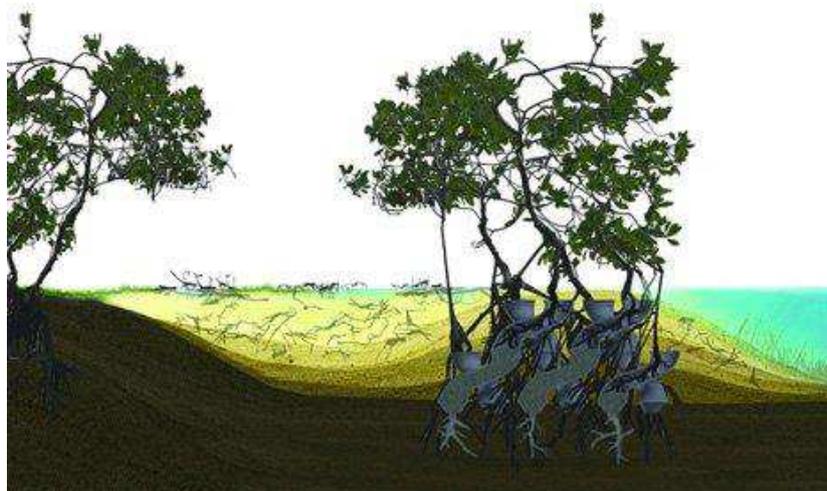
Figura 20 - Diagrama conceitual do módulo biodegradável.



Fonte: Szövetség'39, 2013

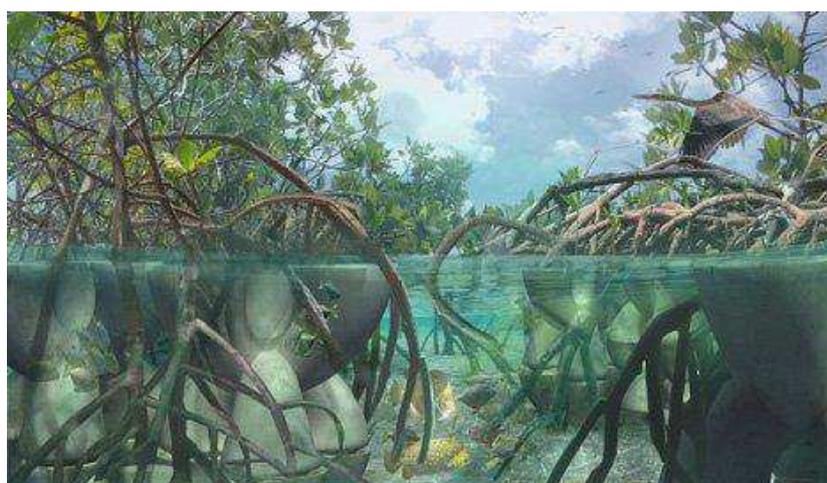
A equipe composta por designers, arquiteto, biólogo e cientista trabalhou no conceito depois de estudar as qualidades biológicas do mangue, revelando que as plantas tolerantes ao ambiente salobro agem como uma barreira natural contra as marés, prendendo os sedimentos do rio em suas raízes robustas e ajudando o ecossistema a não desaparecer.

Figura 21 - Barreira natural criada pelo mangue



Fonte: Szövetség'39, 2013

Figura 22 - Estrutura modular debaixo d'água

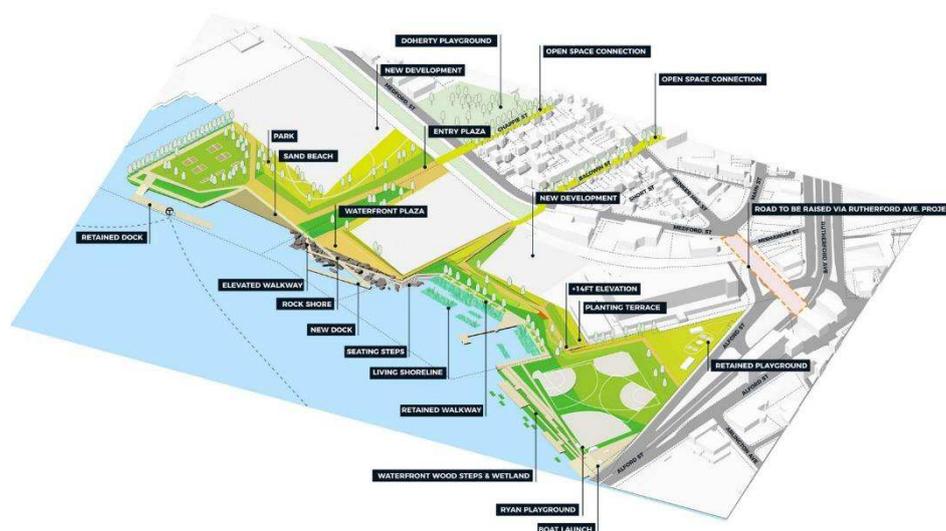


Fonte: Szövetség'39, 2013

Os designers propuseram uma estrutura que pode ser facilmente instalada debaixo d'água, fornecendo uma estrutura modular para acomodar plantas de mangues em desenvolvimento, que prosperam em habitats costeiros. Os módulos servem de depósitos e incubadoras para as mudas do mangue que, se fortalecendo com o tempo, se tornarão autossuficientes e formarão um dique natural. O material dos módulos é feito de uma combinação de concreto e materiais orgânicos, espera-se que as estruturas durem de 15 a 20 anos, e até lá as plantas já serão fortes o suficiente para se manter erguidas e o material dissolvido se tornará parte do sedimento.

Outro exemplo é da prefeitura de Boston, estado de Massachusetts, nos Estados Unidos, que lançou em 2017 um plano para prevenir inundações nos bairros costeiros mais vulneráveis da cidade prioritariamente, se tornando a primeira cidade a responder às ameaças da elevação do nível do mar. O plano da cidade de Massachusetts para mudanças climáticas aponta estratégias para proteger os bairros de East Boston e Charlestown de uma probabilidade alta de inundações costeiras. As áreas são de alto risco particularmente devido aos caminhos rebaixados que levam diretamente ao limite do porto de Boston. Ambas as áreas estão frequentemente sujeitas a inundações costeiras. Sendo assim, a estratégia de Boston pretende proteger seus bairros mais vulneráveis implementando propostas de defesa contra inundações nos futuros planos de planejamento urbano da cidade. Os projetos incluem um corte na rua principal de Charlestown, uma remodelação do *waterfront* do Centro Schraff, que propõe parques elevados e calçadas que poderiam atuar como barricada ao longo da linha d'água, e oferecer proteção para 330 moradores. Projetos para proteger East Boston incluem a construção de uma barreira desmontável contra inundações, que poderia bloquear a entrada do parque linear Greenway, em caso de alerta de prevenção contra inundações, protegendo 4.300 moradores e mais de 70 empresas.

Figura 23 - Estratégia de Boston para o bairro de Charlestown



Fonte: PREFEITURA DE BOSTON, 2017

Outras áreas da cidade estão se tornando de risco com o passar dos anos, já que as previsões do aumento do nível do mar estão mais pessimistas.

O relatório de soluções costeiras resilientes para Charlestown e East Boston também ressalta estratégias futuras que levam em consideração essas observações. A iniciativa está presente, entre muitos outros planos da cidade de Boston para reagir às mudanças climáticas, incluindo planos de longo prazo, chamados de Imagine Boston 2030 e Go Boston 2030.

Figura 24 - Estratégia de Boston para o bairro de East Boston



Fonte: PREFEITURA DE BOSTON, 2017

Figura 25 - Proposição de Boston para proteger os bairros e vizinhanças ameaçadas com Parques e passarelas elevadas



Fonte: PREFEITURA DE BOSTON, 2017

O plano de Boston para se defender das ameaças climáticas está focado em construir infraestruturas de espaços livres comunitários, nas áreas urbanas com maiores riscos de inundação, principalmente parques costeiros, que possam funções versáteis e que atuem como uma solução em casos de

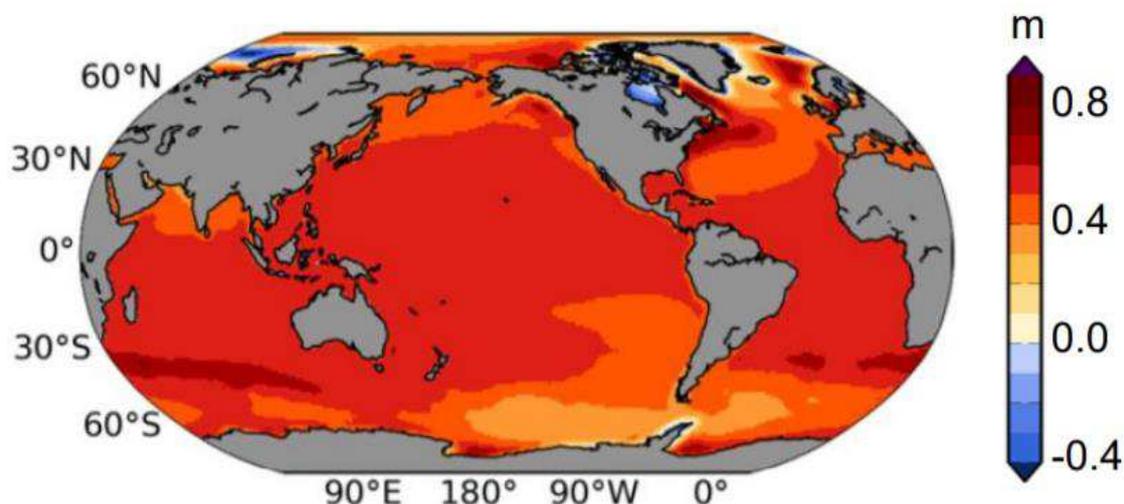
emergência. Esse exemplo mostra como a resiliência pode ser aplicada de forma concreta no planejamento urbano das cidades.

Diante dos exemplos de infraestruturas urbanas resilientes a inundações costeiras, principalmente às inundações pela elevação do nível do mar, falaremos deste tipo de inundação especificamente e como ela afeta as tipologias paisagísticas inundáveis, destacando o ecossistema de manguezal, que é muito afetado pelas mudanças climáticas, tanto pelo aumento da temperatura dos oceanos quanto pela consequente elevação do nível do mar, e está presente na área de estudo, no bairro da Liberdade.

3. INUNDAÇÕES COSTEIRAS EM MANGUEZAL

As inundações costeiras podem ser decorrentes da elevação do nível do mar ou de eventos climáticos extremos, porém no Brasil não é comum desastres naturais como tufões e tsunamis. Entretanto, devido à grande extensão do litoral brasileiro, que é banhado pelo oceano atlântico, o mesmo está exposto a inúmeras consequências ligadas às mudanças nas correntes e variações marítimas. Muitas cidades brasileiras se encontram localizadas no litoral; onze dos vinte e seis estados possuem capitais litorâneas, que concentram grandes populações e que possuem sua infraestrutura urbana voltada para as situações geográficas em que estão inseridas. Três das capitais estão situadas em ilhas, sendo elas Florianópolis, Vitória e São Luís. Tais cidades possuem ecossistemas insulares únicos, que possuem vantagens e desvantagens em relação à sua condição geográfica.

Figura 26 - Elevação regional do nível do mar até o fim do século XXI.

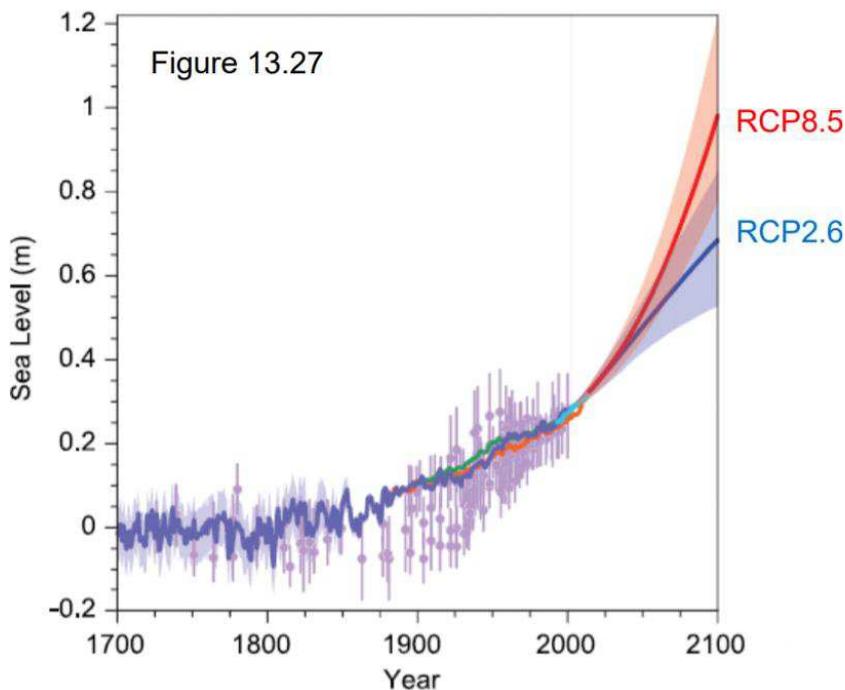


Fonte: IPCC, 2013

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), o sistema oceânico atua de forma decisiva no equilíbrio climático, devido sua grande extensão espacial e a alta capacidade térmica da água. É inegável que o aumento da temperatura dos oceanos e o conseqüente aumento do nível do mar são indicadores do aquecimento global. Ainda baseados em inúmeras

publicações científicas das últimas décadas sobre o assunto, o relatório cita o (IPCC-AR4, 2007) que afirma que a temperatura global dos oceanos aumentou entre 1960 e 2006 mais do que em intervalos temporais iguais em anos anteriores, sendo umas das principais causas deste efeito, a elevação do nível dos mares em geral, ao lado do derretimento das calotas polares e a redução das reservas aquáticas no solo.

Figura 27 – Projeção da elevação do nível do mar em dois cenários, otimista (azul) e pessimista (vermelho).



Fonte: IPCC, 2013

Em uma escala global, a elevação do nível do mar avaliada pelo IPCC⁶ (2013), continuará a aumentar durante todo século XXI baseado em todos os cenários possíveis utilizados na avaliação, sendo o RCP 2.6 o cenário otimista, em que há uma elevação entre 0.26 e 0.55 m no nível do mar, e o cenário mais pessimista, RCP 8.5, em que há grande probabilidade de um aumento entre 0.52 m à 0.98 m até o ano de 2100. É importante ressaltar que nos cenários previstos acima, a expansão termal da massa oceânica equivale de 30 a 50 % da causa da elevação do nível do mar e o derretimento das geleiras equivale à 15 a 35%. O relatório ainda adverte que a elevação do nível do mar não será uniforme no globo terrestre, porém é provável que 95% da

⁶ *Intergovernmental Panel on Climate Change*, é uma organização científico-política criada em 1988 no âmbito das Nações Unidas. Tem como objetivo principal sintetizar e divulgar o conhecimento mais avançado sobre as mudanças climáticas que hoje afetam o mundo.

área oceânica poderá ser atingida, e que 70% das áreas costeiras estão previstas a experimentar mudanças no nível do mar dentro de 20% do nível global de elevação do mar.

Trazendo para a escala brasileira, o PBMC (2014) expõe que o aumento da temperatura superficial média nos últimos anos do oceano Atlântico é considerável. Já no Atlântico Sul a taxa de aumento cresce exponencialmente a partir da segunda metade do século XX, provavelmente devido as mudanças na camada de ozônio e o aumento dos gases do efeito estufa. Conseqüentemente ao clima mais quente, o ciclo hidrológico vem sendo alterado, espelhando as mudanças na salinidade da superfície marítima. “Esses estudos mostram que a região subtropical do Atlântico Sul está se tornando mais quente e mais salina.” (PBMC, 2014, p. 11)

O nível do mar está aumentando. Grande parte das projeções de aumento do nível do mar para todo o século XXI deve ser alcançada ao longo das primeiras décadas, o que faz com que se configurem perspectivas mais preocupantes do que aquelas divulgadas no início dos anos 2000. Variações de 20 a 30 cm, inicialmente esperadas para o fim do século XXI, já devem ser atingidas, em algumas localidades, até meados do século ou até antes disso. (PBMC, 2014, p.12)

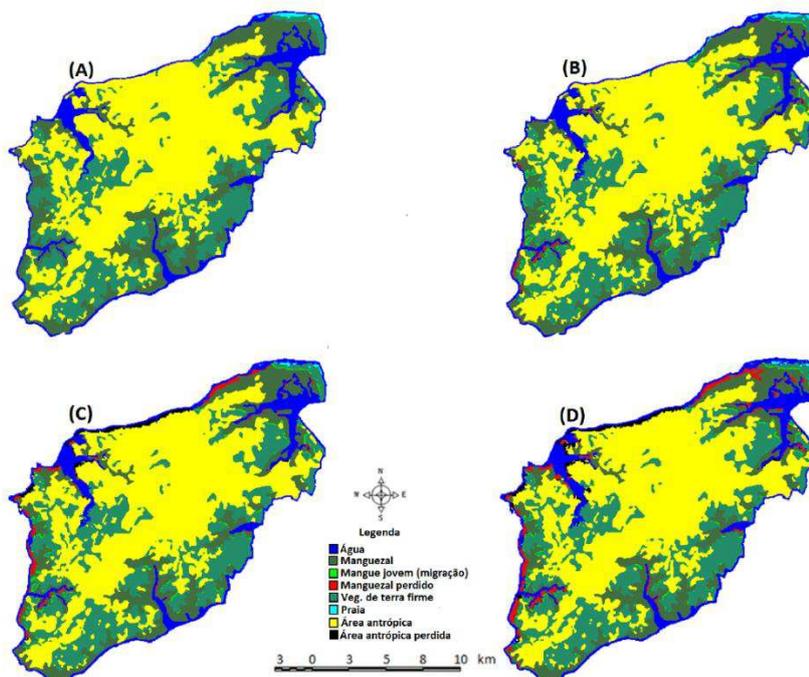
O relatório ainda aponta que no Brasil existem poucos estudos feitos com levantamento de dados no local, mas que a comunidade científica já considera possível detectar as taxas de aumento do nível do mar na costa sulsudeste, desde o fim da década de 80 e começo da década de 90. Além das conseqüências físicas o estudo também aponta as ambientais, indicando que se as previsões se confirmarem, o equilíbrio ecológico de ecossistemas como o dos manguezais irão ser afetados, o que iremos ver posteriormente neste capítulo.

O aumento do nível do mar assim como o aumento de temperatura atmosférica, mudanças no volume e distribuição das precipitações e concentrações de CO₂ afetarão de modo variável o equilíbrio ecológico de manguezais, dependendo da amplitude destas alterações e das características locais de sedimentação e espaço de acomodação. (PBMC, 2014, p. 12).

Apesar de serem resilientes naturalmente, os manguezais apresentam grande fragilidade se expostos à grandes elevações marítimas. Segundo Bezerra (2014), que conduziu pesquisas com testes de simulação em

software, de aumento do nível do mar em São Luís e como isso impactaria no ecossistema de manguezal, investigar e entender o padrão de resposta desse ecossistema é um desafio devido ao uso extensivo de metodologias que se baseiam em sua maioria no sensoriamento remoto e levantamentos locais. Em seu estudo ele simulou a reação do mangue ao aumento do nível do mar em 88 cenários, dos quais 4, estão expostos abaixo.

Figura 28 – Cenários de distribuição espacial das áreas de manguezal na ilha do Maranhão.



Fonte: BEZERRA, 2014.

Como previsto, o manguezal migrou para áreas sob pouca influência dos usos antrópicos e que apresentam condições propícias à colonização do manguezal. Contudo, nas áreas de migração do manguezal a topografia é baixa, de 0,01 a 18,60 m, e dessa forma, o processo de migração de novas áreas de manguezal foi sobreposto pela continuidade da simulação do avanço do NMRM⁷, as áreas de manguezal menos suscetíveis a elevação do NMRM foram às localizadas mais distantes aos usos antrópicos. (BEZERRA, 2014, p. 95)

Ainda segundo o autor, dentre os impactos das mudanças climáticas que prejudicam o manguezal além da elevação do nível do mar, estão o aumento da temperatura, a ocorrência de furacões, a alteração na frequência das

⁷ Nível médio relativo do mar, segundo nomenclatura utilizada pelo autor.

precipitações, as taxas de concentração de CO², mudanças no padrão de correntes oceânicas e até respostas humanas às alterações no clima.

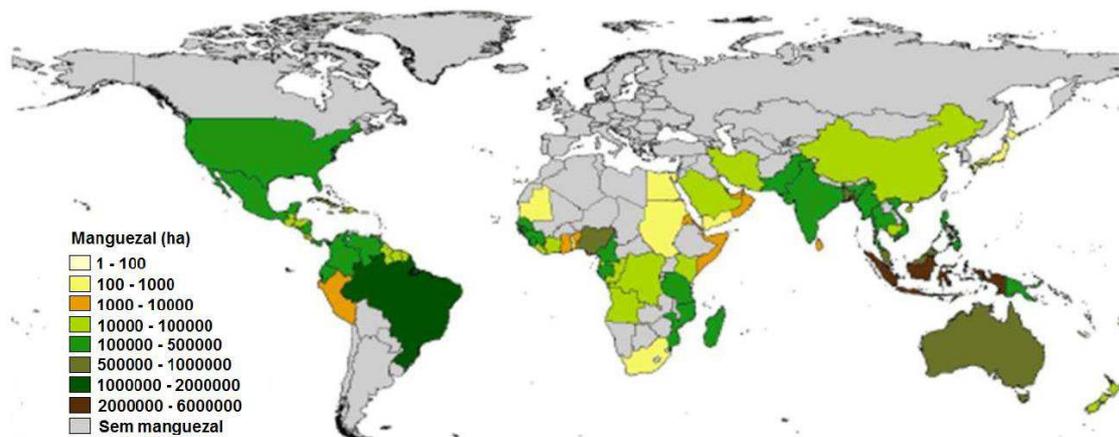
3.1 Ecossistema Manguezal

A importância do ecossistema de mangues é vital para a resiliência urbana no sentido que protege de certa forma a região costeira das flutuações do nível do mar, e por ser por si só resiliente.

O manguezal é particularmente vulnerável ao processo de elevação do nível do mar, por sua localização em áreas de influência das marés, apresentando, contudo, resistência e resiliência a este processo (...) (BEZERRA et al, 2014, p. 21)

Segundo Shaffer-Novelli (1995) o manguezal é um sistema costeiro de transição entre as esferas terrestres e marinhas, que sofre com a ação das marés. A vegetação é caracterizada por espécies vegetais lenhosas típicas, e microalgas adaptadas à variação de salinidade e que se fixam nos sedimentos lodosos, com baixo teor de oxigênio. Sua ocorrência está intimamente ligada ao clima tropical e ao ambiente estuarino, lagunas ou enseadas, proporcionando um local de proteção, reprodução e alimentação de muitas espécies de animais, além de ser considerado como transformador de nutrientes em matéria orgânica (SHAFFER-NOVELLI, 1995, p. 07 apud SALGADO, 2012, p. 180).

Figura 28 - Área de manguezal no Mundo, por país e em hectare.



Fonte: FAO, 2003

No Brasil estima-se que existam cerca de 13.000 km² de área de mangue, o que corresponde a 8,5 % do total mundial, sendo o segundo país onde mais ocorre esse ecossistema, ficando atrás somente da Indonésia (SPALDING, KAINUMAAND e COLLINS, 2010 apud BEZERRA, 2014). No entanto a maior área contínua do planeta ocorre no litoral amazônico brasileiro, com aproximadamente 7.423,60 km² (KERJVE et al, 2002) apud (BEZERRA, 2014). Considerando-se a importância deste ecossistema para a cadeia alimentar, para o ambiente marinho e para recuperação de áreas degradadas pelo homem, além de suas características únicas de sobrevivência em ambiente salobro, torna-se imprescindível sua proteção, pois apresenta grande devastação no litoral brasileiro (REIS, 2007, p.04) apud (SALGADO, 2012, p. 181). Além de tudo isso, segundo Salgado e Pflueger (2012) as árvores do mangue são responsáveis pela integridade do solo, impedindo a erosão do mesmo, estabilizando a costa e evitando o assoreamento do leito dos cursos de águas marinhas.

A flora de mangue é composta por cerca de 73 espécies, incluindo espécies típicas e espécies associadas, muitas das quais apresentam estruturas adaptadas para sobreviver sob ação das marés, como: pneumatóforos, lenticelas, raízes escoras (caules modificados), glândulas para excreção de sal, dentre outras. Estas estruturas garantem a sustentação ao substrato não consolidado, respiração aérea das raízes e excreção de sal. (SPALDING, KAINUMAAND e COLLINS, 2010) apud (BEZERRA, 2014, p. 06)

A relação do manguezal com a população e a economia se baseia principalmente na indústria pesqueira que depende fortemente do ecossistema, através de pequenos produtores, pescadores que têm sua subsistência dependendo dessas reservas marinhas, e que devem contribuir para manutenção da fauna aquática e para o ciclo de peixes, moluscos e crustáceos.

Na região do Delta do Parnaíba, mais precisamente na zona costeira maranhense, 4.000 famílias dependem direta ou indiretamente da coleta do caranguejo Uçá, *Ucides cordatus*, nativo do mangue (BEZERRA, 2014). O que muitas vezes acontece é a utilização, a extração desenfreada dos recursos que o mangue oferece, sem respeitar o tempo de recuperação do mesmo, quebrando o ciclo natural e não permitindo a renovação sustentável do ecossistema.

A ilha de São Luís “apresenta diferentes graus de suscetibilidade do manguezal a elevação do nível médio relativo do mar” (BEZERRA, 2014, p.43),

e possui uma vasta área de mangue e também grande amplitude de marés, cerca de 6 metros (FERREIRA, 1998 apud BEZERRA, 2014), além da grande área urbanizada que impacta o manguezal consideravelmente. A ilha tem cerca de 184,73 km² de manguezais (REBELO MOCHEL, 2003, apud BEZERRA, 2014). Segundo Salgado (2012) para compreender a localização das várias espécies de mangue é preciso considerar a ação das marés nestas áreas, pois as marés variam, e enquanto umas áreas sofrem diariamente o impacto das marés, outras só em alguns casos nas preamares de sizígia, tudo isso também influenciado pela topografia, que nos lugares mais baixos são mais inundados e nos mais altos raramente o mesmo acontece.

(...) as diferentes espécies vegetais de mangue estão distribuídas no manguezal em zonas, em relação à linha d'água. Essa distribuição é denominada de zonação, a qual depende da salinidade, das marés, do tipo de substrato e do grau de energia do local, ou seja, se o local é ou não protegido da ação de ondas, marés e rios. (SOARES, 1995, p. 36, apud SALGADO, 2012, p. 182).

Os tipos de mangue que prevalecem na ilha de São Luís, são o mangue vermelho (*Rizophora mangle*), o mangue preto ou siriúba (*Avicennia schaueriana*) e o mangue branco (*Laguncularia racemosa*), porém o mangue vermelho “é a espécie mais conhecida ao longo do litoral, ocupando a linha costeira e desembocadura dos rios sendo tolerante ao alagamento (...)” (SALGADO, 2012, p. 184) ele varia entre 3 e 15 metros e possui folhagem verde escura, com textura lisa e brilhante.

O mangue preto ocupa solos mais firmes e interiores, tem sido utilizado, apesar de ser protegido pela legislação ambiental, como lenha devido à má qualidade da madeira, ele varia entre 3 a 15 metros, possuindo raízes bem ramificadas na horizontal, folhas verde-escuras com alta concentração de cristais de sal. Já o mangue branco acumula muitos sedimentos de deposição que ocorrem em todo o manguezal, sendo encontrado mais em terra firme, com raízes não aéreas, varia entre 2 e 12 metros, com a folhagem verde e elíptica com o topo achatado (REIS, 2007). Salgado (2012) ainda explica sobre o estado de conservação do ecossistema manguezal em São Luís, onde é possível

apontar as principais causas da degradação devido aos estudos realizados, começando com as atividades portuárias, o crescimento desordenado das cidades com a consequente invasão da área de mangue pela urbanização, a ausência de saneamento, as atividades industriais e práticas não sustentáveis de pesca e colheita.

Figura 29 - Mangue vermelho (*Rizophora mangle*)



Fonte: DELICOLLI, 2011

Figura 30 - Mangue preto ou siriúba (*Avicennia schaueriana*)



Fonte: SARAIVA, 2012.

Figura 31 - Mangue branco (*Laguncularia racemosa*)



Fonte: SARANGI, 2016

3.2 Áreas sujeitas à Inundação

As áreas sujeitas à inundação sofrem de necessidades particulares, de planejamento e preparo para situações de emergência e evacuação. Segundo Kron (2002) apud Goerl e Kobiyama (2005) os tipos mais comuns de inundações, que acontecem por transbordamento são as costeiras, graduais e bruscas.

As inundações costeiras se relacionam com o local específico, a zona costeira, as outras duas estão relacionadas à rapidez da inundação e pode acontecer em qualquer lugar.

As inundações também recebem a denominação de inundações ribeirinhas quando acontecem nas margens de rios ao invés de mares. Segundo Tucci (2003), as inundações ribeirinhas têm a possibilidade de ocorrer devido às características naturais, ou desencadeadas pelo homem, como o aumento do nível do mar, pelo uso do solo com a urbanização desenfreada ou por obras hidráulicas, o autor discorre sobre os impactos de tal fenômeno de forma seguinte.

Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. (TUCCI, 2003, p.54)

O autor ainda argumenta que a parcela da população de maior poder aquisitivo costuma habitar lugares seguros, livres de riscos, enquanto a população menos favorecida reside em áreas de alto risco de inundação, causando um desequilíbrio social e prejuízos que se repetem cada ano na época das cheias. O que ocorre também é que quando há uma baixa frequência das inundações, os habitantes relevam os riscos, agravando o adensamento das áreas inundáveis e atraindo investimentos para as mesmas, o que acarreta em prejuízos consideráveis em caso de enchentes. Tucci (2003) analisa a situação da pressão imobiliária em relação às áreas vulneráveis, ele argumenta que:

As áreas hoje desocupadas devido a inundações sofrem considerável pressão para serem ocupadas. A ocupação das áreas urbanas impróprias pode ser evitada através do planejamento do uso dos solos das várzeas, o qual deve ser regulado no Plano Diretor Urbano das cidades. (TUCCI, 2003, p.55)

O autor ainda explica que os fatores hidrológicos e meteorológicos interferem na ocorrência de inundação, entretanto o conhecimento do fator meteorológico é reduzido por conta dos inúmeros processos físicos a que a atmosfera está exposta, e a incerteza da ocorrência dos fenômenos, já os fatores hidrológicos podem ser naturais ou artificiais. Sobre os primeiros, Tucci (2003, p.55) afirma que “As condições naturais são aquelas cuja ocorrência é propiciada pela bacia em seu estado natural.” Como exemplos ele cita o relevo, cobertura vegetal, precipitação e capacidade de drenagem. Já os fatores hidrológicos artificiais que geram inundações, estão relacionados com a ação e interferência humana, como urbanização, obras hidráulicas, desmatamento, reflorestamento.

Para o estudo das áreas com risco de inundações e análise dos seus desdobramentos em relação à paisagem e ao espaço afetado, a produção de cartografia das áreas de risco é recorrente. A cartografia assume um papel importante na gestão do risco, porque com o auxílio dela é possível produzir mapas interligando os conceitos físicos, ambientais e sociais que intervêm no desempenho das inundações (HORA E GOMES, 2009).

A aplicação da cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, as quais de modo geral, têm como

base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria, etc.) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação etc.) (HORA E GOMES, 2009, p. 60)

Segundo Hora e Gomes (2009, p.61) “O mapa de áreas de risco à inundação é um instrumento importante na prevenção, controle e gestão das inundações.” Para Veyret (2007) apud Hora e Gomes (2009) destacar o risco em um mapa é equivalente a assegurar o risco no local referente, e a base de uma política de prevenção é a base cartográfica e o zoneamento que o precede. Para Tucci (2003) utilizando mapas de inundação se faz possível prever e definir as zonas com áreas de risco à inundação, além disso eles necessitam apresentar informações sobre o nível de risco de cada área e seus critérios de urbanização, relacionando os usos e características construtivas.

Tucci (2005, p.69) relata que existem dois tipos de mapas de inundação de cidades, os de planejamento e os de alerta “O mapa de planejamento define as áreas atingidas por cheias de tempos de retorno escolhidos.” Já os mapas de alerta são produzidos com valores de cotas em cada canto da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente por alguns moradores, observando o nível de água mostrado nos medidores (TUCCI, 2005). Deste modo é possível mapear as áreas vulneráveis e elaborar um planejamento baseado nas mesmas, levando em consideração todos os fatores relacionados e assim criando medidas de prevenção, mitigação e de recuperação das respectivas áreas.

3.3 Planejamento para Inundações

Planejar para inundações requer conhecimento da situação em questão, do contexto e todas suas implicações. O planejamento urbano que considera a gestão das águas na cidade é imprescindível para o sucesso e prevalência da cidade sobre os impactos que podem vir a ocorrer. Isso pode acontecer através da ligação entre o planejamento urbano, políticas públicas e práticas de gestão. Este deve ser um princípio chave para o êxito das propostas

que visam gerenciar ou evitar as inundações. Jha, Bloch e Lamond (2011, p.34) expõem essa visão

Planejamento do uso do solo e regulação de novos desenvolvimentos é um aspecto chave da gestão integrada de risco de inundação urbana. Em particular, em países em desenvolvimento, a oportunidade de melhor planejar o estabelecimento de novas áreas urbanas é fundamental para evitar que o aumento previsto de futuros impactos de inundações ocorra. (JHA, BLOCH E LAMOND, 2011, p.34)

Os autores ainda afirmam que em assentamentos urbanos em desenvolvimento, particularmente, o risco de inundações tende a ser considerado como de menor relevância se comparado com outras questões socioeconômicas. Dito isso, eles ainda relatam que a probabilidade do desenvolvimento sobre planícies aluviais se perpetuar, devido à contínua pressão sobre os recursos do solo e demais desdobramentos político-econômicos, é considerável (JHA, BLOCH E LAMOND, 2011). Apesar disso, quando há um melhor planejamento dos ambientes urbanos para áreas de risco de inundação, ainda na fase de projeto, a redução dos custos é considerável e impactos na fase de construção menores, do que se tentar uma reforma para abranger o risco de inundação após os equipamentos urbanos já consolidados, “isto permite a construção de projetos resilientes – com retorno potencial no futuro” explicam Jha, Bloch e Lamond (2011, p.34).

Como exemplo de utilização otimizada do solo urbano, muito disputado em áreas urbanas adensadas, para construção de equipamentos multifuncionais na cidade, temos a construção de bacias de retenção versáteis que armazenam água de inundações para controlar o fluxo quando requisitado, e, quando não, funcionam com outros usos, como áreas de lazer, parques e estacionamentos.

É o que acontece no Parque Linear *Hunter's Point South* inaugurado em 2013, localizado na costa de Long Island, Nova Iorque. O parque faz parte de uma remodelação urbana que aconteceu na região do *waterfront*⁸ para

⁸ Termo em inglês utilizado para descrever a região costeira, beira rio ou beira mar, geralmente urbanizada.

construção de unidades habitacionais, promovendo um modelo de ecologia urbana e uma referência para projetos urbanos de inovação sustentável.

Figura 32 - Parque Linear Hunter's Point South em caso de inundações.



Fonte: ARCHDAILY, 2013

Projetado pela equipe de arquitetos do escritório Thomas Balsley e associados, eles explicam o partido do projeto como sendo uma visão integrada que conecta a infraestrutura, a arquitetura e a paisagem para alterar a dinâmica urbana e criar corredores verdes, que se anteciparam nas soluções das irremediáveis inundações e elevações do nível do mar no Rio East.

A utilização da chamada infraestrutura verde para retenção e absorção da água de chuva vem garantindo alta eficiência e servindo de modelo para este tipo de prática. (BIANCHI et al, 2015, p.07).

Figura 33 - Bacia de Retenção que funciona como área esportiva.



Fonte: ARCHDAILY, 2013

O parque conta com um campo de futebol oval com cobertura vegetal que permite a absorção da água das chuvas ou de inundações do Rio East. Logo abaixo dele se encontra uma bacia de retenção, que armazena a água e não sobrecarrega as redes de captação principais. Além dessa estrutura o parque conta com calçadas permeáveis, cujo material permite que parte das águas pluviais sejam absorvidas pelo terreno. Outra medida inovadora para prevenir a inundação urbana consiste no armazenamento de águas pluviais, que se enquadra em um sistema de drenagem sustentável citado em capítulos anteriores, e pode ser utilizada, exceto para consumo, contribuindo para a preservação das reservas de água.

Em São Luís do Maranhão, os campos de futebol espalhados ao longo do Rio das Bicas têm também a função de reter e absorver os efeitos da inundação costeira. Durante as secas são utilizados para lazer e durante as inundações servem para armazenar como um reservatório de água, e após isso liberar o fluxo na vazante sem prejuízo da infraestrutura urbana do local.

Figura 34 - Quadra no Parque do Rio das Bicas.



Fonte: A. BAEDAS, 2016

Figura 35 - Estádio Jairzão, adjacente ao Rio das Bicas.



Fonte: COROADINHO EM FOCO, 2016

4. SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA

Para a aplicação dos conceitos previamente abordados, resiliência e infraestrutura urbanas, bem como inundações pela elevação do nível do mar, se faz necessário analisar uma área específica, avaliar para aplicação de estratégias de resiliência urbana. O sítio escolhido localiza-se no bairro da Liberdade, na porção costeira do bairro, onde atualmente fica parte da Avenida Jackson Lago, anteriormente nomeada como Avenida IV Centenário.

Figura 36 - Bairro da liberdade com área de análise destacada.



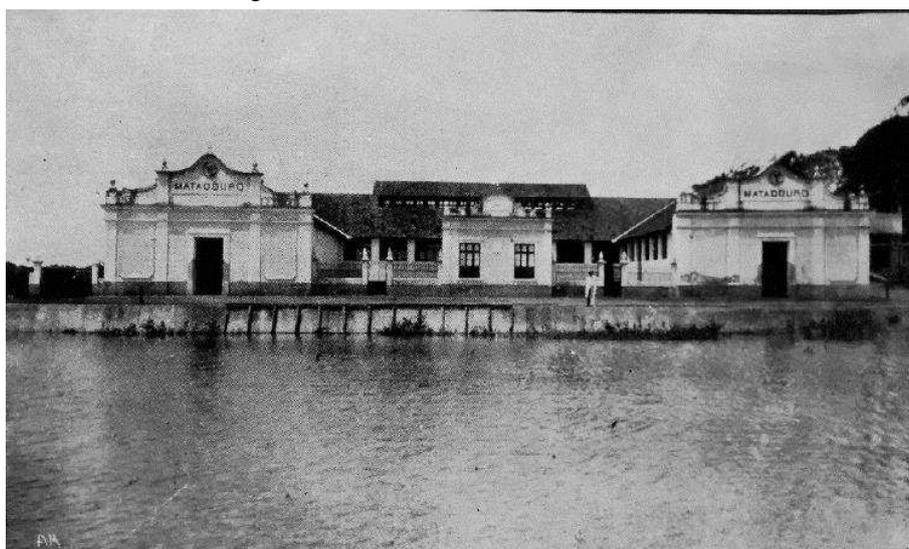
Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

A área foi escolhida devido a sua localização adjacente ao rio Anil, ou seja, vulnerável à inundações pela elevação do nível do mar, por ser um bairro onde a maioria da população é de baixa renda, onde alguns habitantes ainda habitam em palafitas, sendo mais vulnerável a ameaças climáticas e por ser uma região que nos últimos anos recebeu grandes investimentos estaduais e federais em infraestrutura urbana, através do programa PAC Rio Anil, que entre 4 bairros contempla a Liberdade, e que contou com a construção da Avenida Jackson Lago, através de aterro da área de mangue.

O bairro da Liberdade é um dos mais antigos da cidade de São Luís, porém surgiu apenas após o crescimento da cidade em direção ao “Caminho Grande”, visto que anteriormente compreendia apenas a Praia Grande, o Largo do Carmo e o Desterro, seu núcleo central original. Burnett e Silva (2015, p. 06) explicam “Em 1918 foi inaugurado na região o matadouro, que originou o núcleo de povoamento do bairro que hoje é a Liberdade”. Entretanto seu crescimento efetivo se deu no fim dos anos 60, segundo Souza (2005) devido a decadência das unidades fabris e o êxodo rural da população fugindo de conflitos no campo e buscando empregos, a demanda populacional da cidade aumentou drasticamente, afligindo São Luís e gerando exclusão social, visto que a crise econômica não permitiu a absorção da classe trabalhadora na dinâmica urbana/capitalista. O autor ainda afirma que a expansão da cidade a partir da década de 60, em direção ao eixo Anil-Bacanga encontrou obstáculos devido a irregularidade topográfica e especulação econômica da área, que fizeram com que a população menos favorecida ocupasse os manguezais (TROVÃO, 1997 apud SOUZA, 2005).

Assim nasceram e cresceram os bairros da Liberdade (Matadouro), Monte Castelo (Areal), Apeadouro, Bairro de Fátima (Cavaco), Alemanha, João Paulo, Caratatiua, Jordoa e Sacavém, que apresentavam condições precárias de urbanização. (SOUZA, 2005, p. 59)

Figura 37- Matadouro Modelo em 1923.



Fonte: RAMALHO (1923, p. 170)

Figura 38 - Prédio do antigo Matadouro, atualmente utilizado como escola.



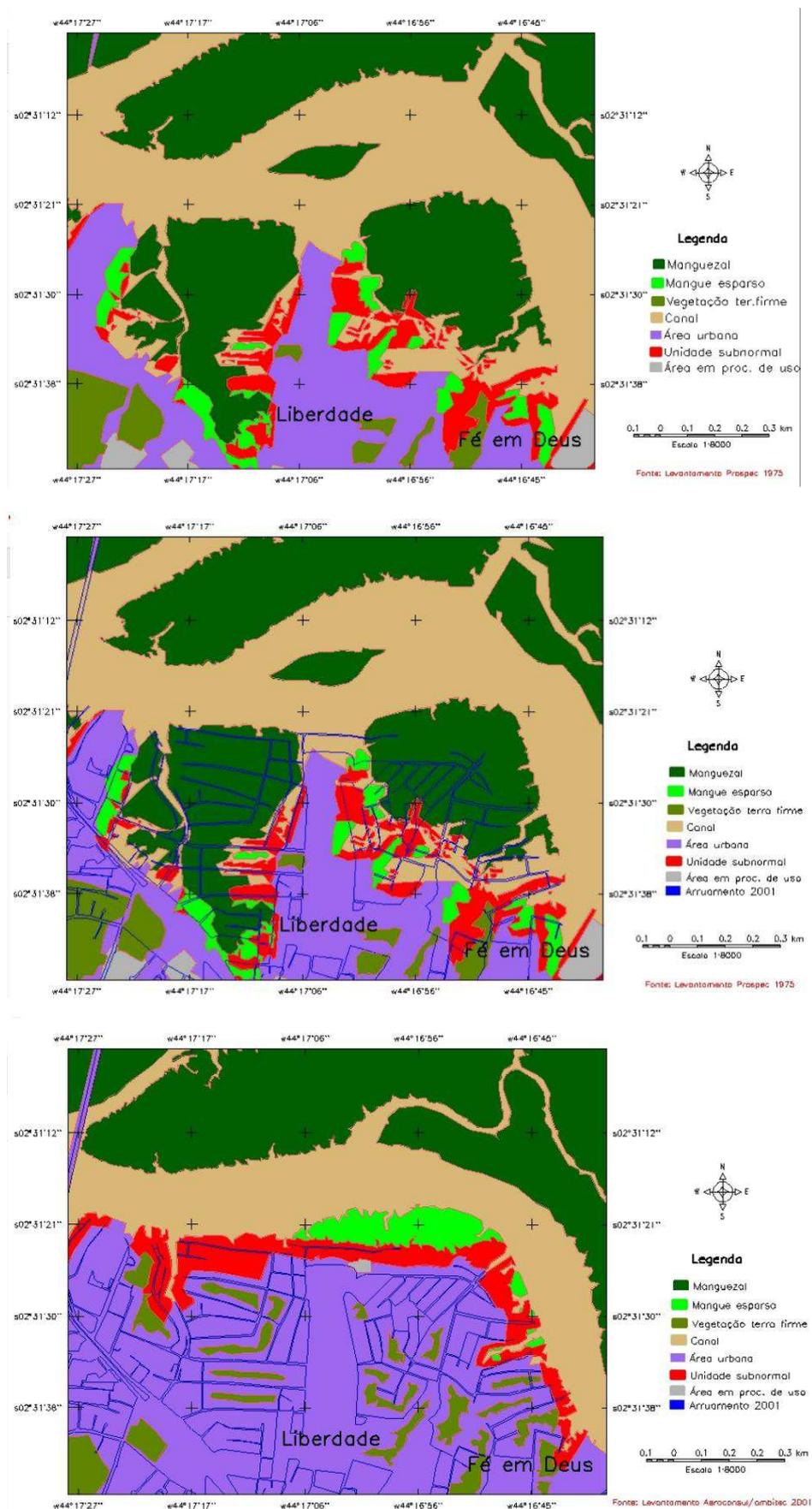
Fonte: Thayná Barroso, 2017.

Santos (2015) aponta em seus estudos que após a instalação do Matadouro, inicia-se o processo de ocupação do que era chamado “Campina do Matadouro”, através de aterros de mangue e de áreas da Marinha do Brasil, que viria a se tornar o bairro da Liberdade posteriormente.

Já Bezerra (2008) em análise visual da formação do bairro da Liberdade, pode observar o crescimento da urbanização na década de 70, em detrimento da diminuição extensiva do ecossistema de manguezal, pontuado por instalação de moradias em palafitas (habitações sobre estacas). Em seus mapas de estudo o autor mostra esta evolução. O autor também conclui que a massiva diminuição do manguezal está intimamente ligada com o avanço do perímetro urbano, ou seja, com a ocupação espontânea dos moradores das palafitas. Nos mapas a seguir podemos observar a evolução paisagística do bairro da Liberdade, com a diminuição das manchas verdes (manguezal) e aumento da mancha roxa (área urbana).

Em outras palavras, inicialmente quase metade do bairro da Liberdade era ocupado por manguezais (1975) com o avanço do perímetro urbano, isto é, com a população de baixa renda indo em direção cada vez mais ao manguezal, este ambiente foi se transformando em um sistema urbano com um índice percentual da ordem de 83,30%. (BEZERRA, 2008, p. 82)

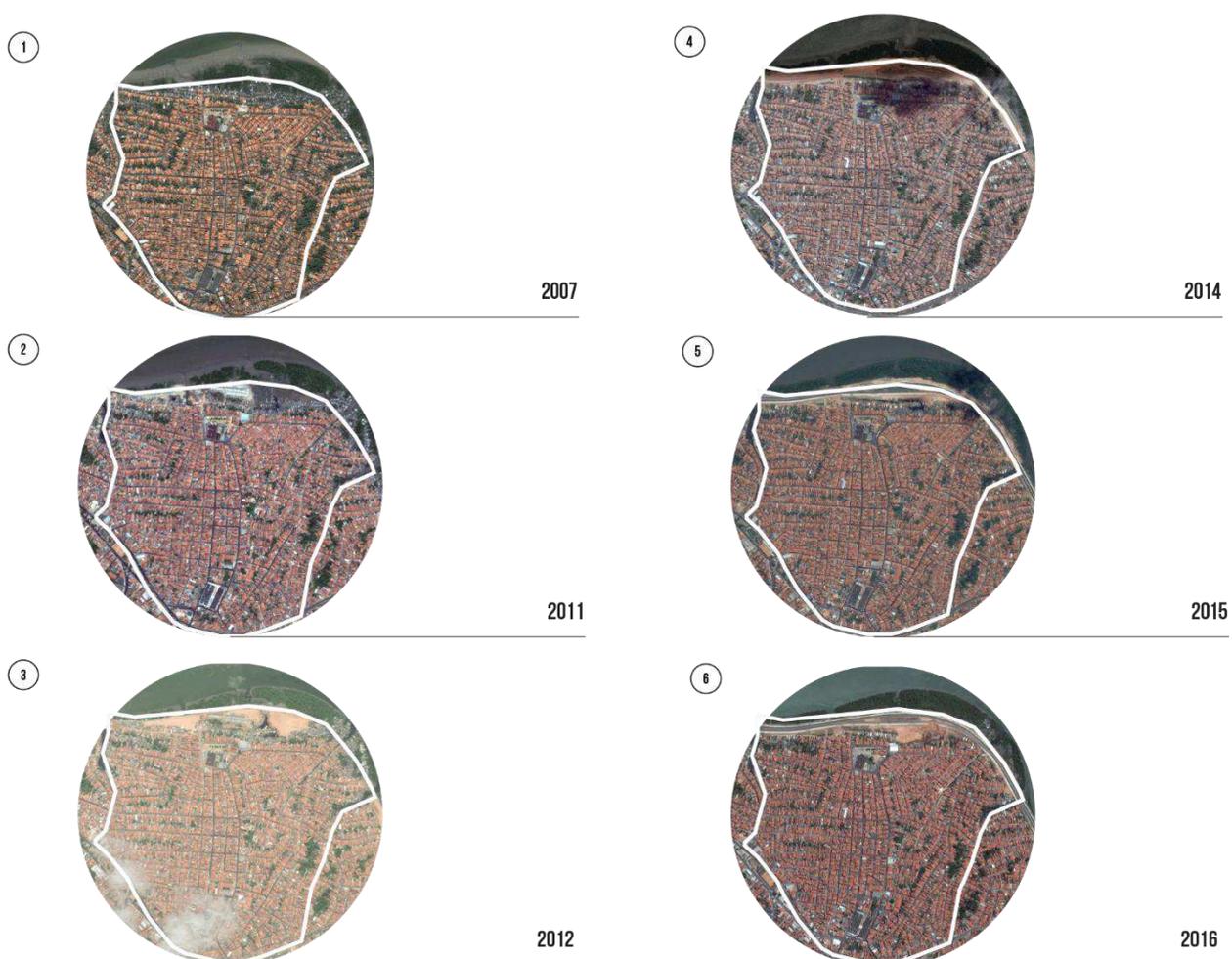
Figura 39- Unidades de Paisagem do Bairro da Liberdade em 1975, 1975 (com sobreposição da malha viária) e 2001.



Fonte: BEZERRA, 2008

Considerando todas as informações previamente expostas, e a evolução da área de estudo em específico demonstradas a seguir através de imagens de satélite, no bairro da Liberdade, nos anos de 2007 (1), 2011 (2), 2012 (3), 2014 (4), 2015 (5) e 2016 (6). Podemos observar a consolidação da área urbana, com o investimento em infraestrutura urbana, principalmente na região costeira do Rio Anil, através da construção de habitações de interesse social (Minha Casa, Minha Vida) em bairros adjacentes, Camboa e Fé em Deus, equipamentos urbanos, e infraestrutura viária (Avenida IV Centenário).

Figura 40 - Evolução Cronológica do Bairro da Liberdade entre 2007 e 2016.



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de GOOGLE EARTH (2017).

4.1. Metodologia

Para melhor compreensão da área de estudo foram elaborados mapas temáticos que envolvem as variáveis relevantes para os fins deste trabalho, e para se obter uma análise da paisagem do local de estudo.

Sendo assim o método aplicado neste capítulo do trabalho, parte da inserção da teoria previamente abordada sobre resiliência urbana, infraestrutura urbana, inundações pela elevação do nível do mar e as informações coletadas da área de estudo, incluindo o levantamento fotográfico.

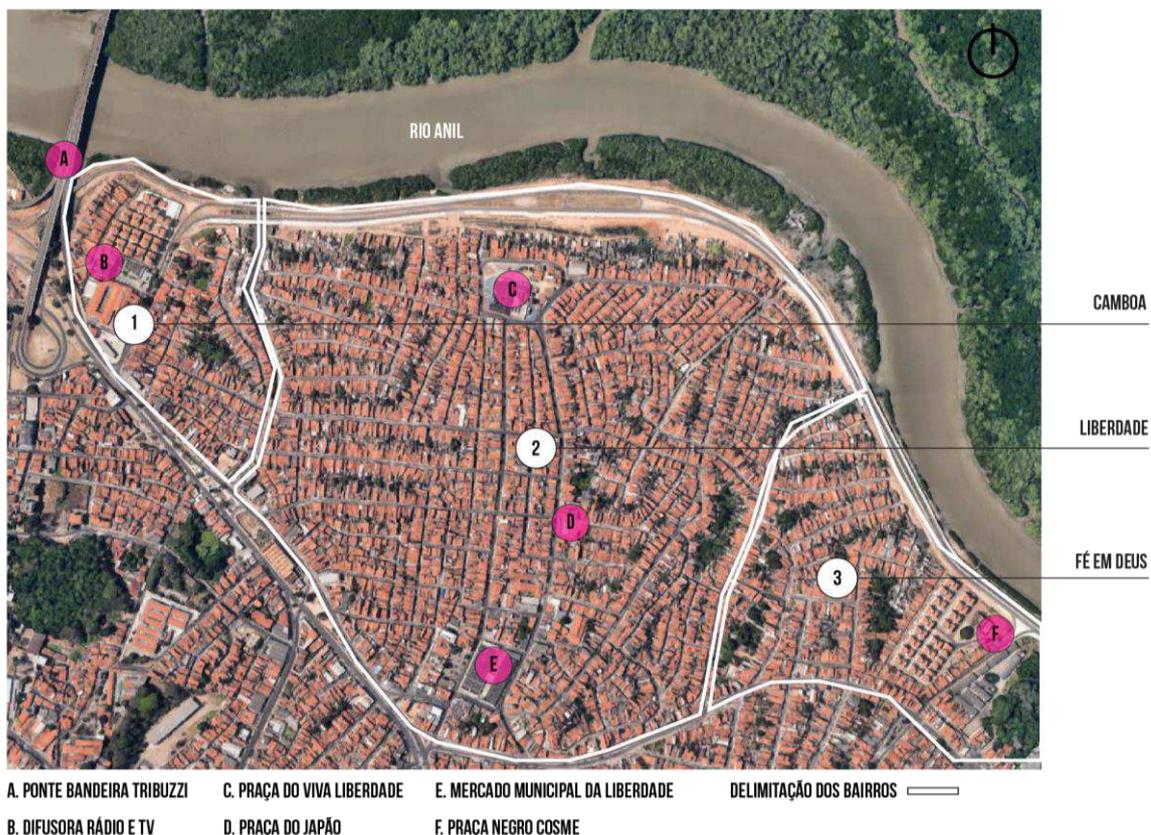
A elaboração de mapas temáticos para apreender as dinâmicas de uma área específica, é parte de uma metodologia previamente utilizada em outras disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo, como na disciplina de Planejamento da Paisagem, sob a orientação da Prof. Dra. Barbara Prado e na disciplina de Equipamentos Urbanos, sob orientação da Prof. Msc. Andrea Duailibe. Esse método nos permite analisar cada aspecto urbano, paisagístico ou ambiental, através de uma perspectiva de matrizes de estudo, que ajudam na percepção espacial através da dissolução de cada variável, ao invés de um amontoado de informações confusas e sobrepostas, permitindo posteriormente o agrupamento das mesmas se necessário, culminando em uma análise dinâmica e eficaz.

A utilização dos mapas da área como base, através da plataforma Google Earth, e a posterior interpretação dos dados em mapas temáticos com cores e legendas específicas, possibilitaram uma maior compreensão simultânea do espaço, ao mesmo tempo que permitiram a análise singular de cada variável, sendo realizadas nesta ordem: Localização e Marcos Referenciais, Delimitação da Área de estudo, Hierarquia Viária, Hidrografia, Vegetação, Hipsometria e Zoneamento Legal Vigente (PREF. SÃO LUIS, 1992).

Esta parte foi dividida nos dois tópicos seguintes do trabalho, o primeiro apresenta os mapas temáticos com os aspectos urbanos e ambientais, e suas respectivas interpretações, já o segundo compreende a aplicação dessas interpretações em mapas temáticos de inundação e vulnerabilidade que refletem a resiliência urbana às inundações na área de estudo. Portanto, o produto final destas análises e aplicações resulta nas considerações finais acerca do assunto, com proposições de melhoria para a área dentro do bairro da Liberdade.

4.2. Aspectos urbanos e ambientais

Figura 41 - Localização e Marcos Referenciais



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

A área de estudo localiza-se no bairro da Liberdade, cujo breve histórico foi abordado neste capítulo previamente, margeando o Rio Anil e sendo adjacente aos bairros da Camboa à Oeste, e Fé em Deus à Leste. Os marcos referenciais presentes na área ajudam a localizar os leitores. O principal marco referencial é a praça do Viva Liberdade (C), onde fica também o prédio do antigo Matadouro, que hoje funciona como escola municipal, seguido do Mercado Municipal da Liberdade (E), importante ponto comercial para as famílias da região e adjacências. Outros marcos menos significativos da região são a praça do Japão (D) e a sede da Difusora (B), já no bairro da Camboa. A Avenida Jackson Lago é bastante significativa na região, pois é relativamente recente.

Figura 42 - Delimitação da Área de Estudo



- | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| ① CANAL | ③ RIO ANIL | ⑤ AVENIDA PRINCIPAL |
| ② RUA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS | ④ AV. MARIO ANDREAZZA | ⑥ CANAL |

Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

A delimitação da área de estudo compreende a porção costeira do bairro da Liberdade sendo limítrofes ao rio Anil, Camboa e Fé em Deus, inclui a Praça do Viva Liberdade e é delimitada por dois canais do Rio Anil, e pelas ruas Nossa Senhora da Graça, Avenida Mario Andreazza, Avenida principal e Avenida Jackson Lago. Juntos esses limites formam uma área de aproximadamente 230.000 m² ⁹.

Esta área foi escolhida por fazer parte da região do bairro que margeia o rio Anil e pode vir a sofrer influências diretas ou indiretas da elevação do nível do mar através das flutuações do nível no rio Anil. Além disso, é uma área do bairro da Liberdade que foi aterrada para a construção da nova Avenida Jackson Lago (IV Centenário), e que perdeu parte da sua cobertura de Mangue como visto na evolução cronológica do bairro (Figura 38), onde também podemos observar a remoção de parte das habitações em palafitas.

⁹ Medida aproximada obtida através da metragem em recurso oferecido pelo Google Earth, 2017.

Figura 43- Hierarquia Viária



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

A hierarquia viária da região é composta por avenidas de grande porte e fluxo como a Avenida da Camboa, que liga o centro da cidade através do anel viário, sendo o corredor secundário 9 (CS9) segundo a legislação urbanística vigente de São Luís.

A Avenida Governador Luiz Rocha, via coletora principal, e a recente construída Avenida Jackson Lago (IV Centenário), sem definição ainda pela legislação, porém com características de corredor primário, pois liga a Avenida dos Franceses (Corredor Primário) à Avenida Beira Mar (Corredor Secundário).

Podemos destacar ainda como principal via de acesso ao bairro da Liberdade, a Rua Gregório de Matos, que passa pelo mercado municipal do bairro e culmina da praça do Viva Liberdade.

Figura 44 - Hidrografia



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

O rio Anil é um elemento importante para a hidrografia de São Luís e para o bairro da Liberdade. Ele nasce ao sul de São Luís, no bairro do Anil, e possui aproximadamente 8 km de extensão, ele se destaca por ser fonte de renda de pescadores e moradores da região, porém enfrenta problemas de poluição em alguns trechos com a deposição de esgoto *in-natura*.

No bairro da Liberdade a presença de canais atua como limiar dos bairros da região, podemos perceber que um dos canais à oeste divide o bairro da Liberdade do bairro da Camboa, e outro canal divide a Liberdade do bairro Fé em Deus, como demonstrado no mapa de delimitação (Figura 40).

O rio Anil constitui uma forte influência para o bairro também pelas variações de maré e elevação do nível do mar, pois algumas moradias de baixa renda se localizam nas margens do rio, apesar de ter havido uma relocação de parte delas devido a construção da avenida Jackson Lago, parte do projeto do PAC Rio Anil, onde os moradores foram alocados em habitações de interesse social nas adjacências.

Figura 45 - Vegetação



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

Na área de estudo a vegetação em terra firme é bem reduzida e pontual, presente somente em algumas áreas destacadas de verde claro. Já a mancha verde-escura representa as áreas de manguezal. Como visto anteriormente na evolução da área, o ecossistema manguezal nesta área perdeu grande parte de sua cobertura com o avanço da urbanização, causando a massiva diminuição do ecossistema nesta área em específico.

Além disso, os aterros necessários para a construção da infraestrutura viária também contribuíram para a decadência do manguezal, como demonstram fotos tiradas em 2012 durante a construção da Avenida.

Nas figuras a seguir podemos ver o aterro e as fundações em estacas de concreto na área do mangue que margeia o Rio Anil. Em visita ao local em 2012, pôde-se constatar o modelo de construção na área de manguezal e o contraste entre o ambiente natural e o artificial.

Figura 46- Aterro no bairro da Liberdade para a construção da Avenida IV Centenário



Fonte: Thayná Barroso, 2012

Figura 47- Fundações na área de mangue no bairro da Liberdade.



Fonte: Thayná Barroso, 2012

Figura 48 – Mapeamento Hipsométrico



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

Para a compreensão do relevo da área de estudo a hipsometria se faz fundamental, através dela é possível visualizar as áreas que estão em cotas menores e cotas maiores, com a variação na escala de cores para cada altitude. O bairro da Liberdade não possui um relevo acidentado, como podemos ver através das curvas de nível que formam este mapa temático.

Sendo assim, podemos observar que as cotas altimétricas nesta área variam entre 0 e 25 metros de altura em relação ao nível do mar. Podemos observar também que a porção costeira, verde claro, está mais vulnerável a elevação do nível do mar por se localizar na cota entre 0 e 5 metros. A área mais elevada do bairro fica ao sul com cotas altimétricas que atingem 25 metros.

Através da hipsometria também podemos analisar a formação dos corpos hídricos e suas ramificações e o escoamento das águas pluviais na área específica, ou seja, a drenagem natural do terreno.

Figura 49 - Zoneamento



Fonte: Thayná Barroso (2017) a partir de Google Earth (2017).

O bairro da Liberdade está totalmente inserido na Zona de Interesse Social 1 (ZIS 1) segundo a legislação atual da cidade de São Luís, lei nº 3.253 vigente desde 1992, e que dispõe sobre o zoneamento, parcelamento e uso e ocupação do solo urbano. A ZIS 1 é adjacente às Zona Central (ZC) e a Zona Residencial 3 (ZR 3). A zona de interesse social 1 (Camboa) é delimitada segundo a Lei 3.253 de 29 de dezembro de 1992, e discorre de forma seguinte:

Inicia-se este perímetro no ponto de interseção da Rua Boa Esperança com a linha da preamar do Rio Anil, seguindo pela última até atingir a Rua Roma Velha, donde prossegue rumo à direita até interceptar a Rua Governador Luiz Rocha, seguindo por esta com orientação à direita até encontrar a Av. Camboa, prosseguindo ao longo desta com sentido à direita até o ponto de interseção com a cabeceira da Ponte Bandeira Tribuzi e a linha da preamar do Rio Anil, donde segue rumo à direita pela última, passando pela Av. Mand. e a Av. Principal até encontrar o marco inicial deste limite. PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 1992. LEI 3.253. CAPÍTULO III. ART. 5º. XLVI.

4.3. Avaliação para aplicação da resiliência urbana às inundações

Tendo em vista a leitura e análise dos mapas temáticos apresentados anteriormente, iremos mostrar a aplicação destes dados apreendidos na criação dos mapas temáticos de inundações e vulnerabilidades, as quais usaremos para avaliar e representar a resiliência urbana às inundações no recorte territorial estudado, para assim identificar as fragilidades e potencialidades.

Levando em consideração as previsões do IPCC, iremos utilizar neste trabalho a elevação do nível do mar de 0,98 m, aproximadamente 1 metro até 2100, o que neste caso é o cenário mais pessimista possível, tendo em vista a manutenção e evolução das taxas de emissão de CO² no planeta, um dos grandes responsáveis pela elevação do nível do mar, de acordo com a avaliação do IPCC.

Para os fins da avaliação da resiliência urbana e detecção das áreas vulneráveis foram criados mapas temáticos, com cinco cenários de inundações na área estudada. O cenário atual, onde o nível do mar não causa impactos relevantes à infraestrutura urbana; O cenário em 2100, com a adoção das previsões do IPCC, e inundação de 0,98 m na área costeira; O cenário hipotético em 2300, considerando a manutenção da taxa de elevação do mar adotada pelo IPCC, aproximadamente 2,94 metros de elevação, em 2400 3,92 metros e em 2500, 4,90 metros. Os cinco cenários de inundações são aplicados em quatro variáveis de análise progressiva com adição de informações, começando pela apresentação da topografia, seguida da malha viária sobrepondo a topografia, a cartografia fornecida pelo Google Earth sobrepondo a topografia, e pôr fim a vulnerabilidade nos cinco cenários, representadas pelos círculos tracejados de vermelho, tal decomposição de informações foi desenvolvida para melhor compressão e leitura dos dados fornecidos.

Vale ressaltar que os últimos três cenários são adotados hipoteticamente para fins de análise visual de quanto da infraestrutura urbana, dentro da área de estudo, estaria vulnerável se tais previsões de fato acontecerem. Essas simulações ajudam a compreender o problema e instigam a criação de soluções através de um planejamento resiliente para as cidades, referente às inundações.

Figura 50 - Cenários de Inundação na área de estudo no bairro da Liberdade hoje, 2100 e 2300.

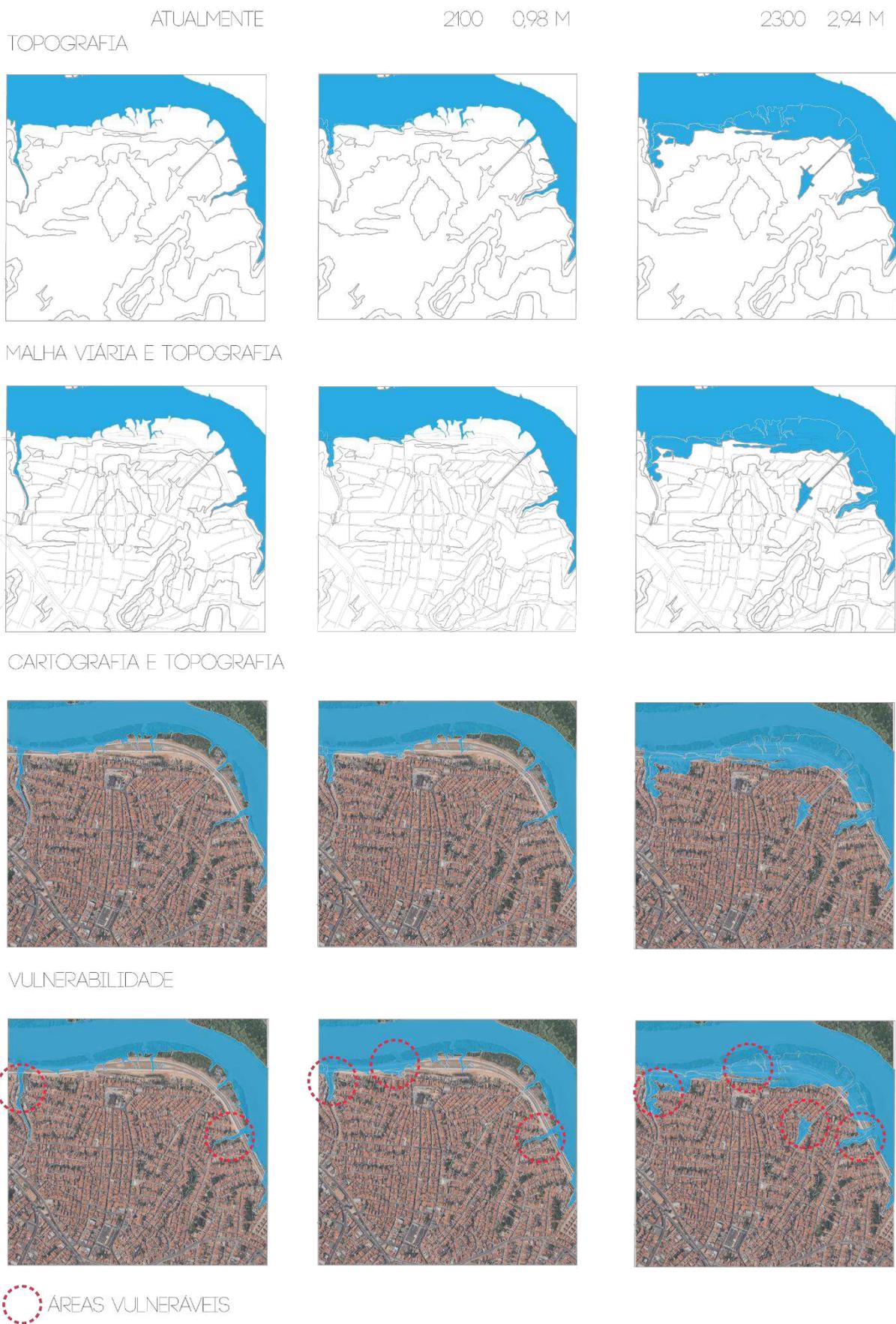


Figura 51 - Cenários de Inundação em 2400 e 2500.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho foi possível apreender os conceitos de resiliência urbana, infraestrutura urbana, bem como um breve apanhado dos assuntos relativos a elevação do nível do mar e como este tema é recorrente e necessário na agenda dos arquitetos e urbanistas. As mudanças climáticas futuras fazem parte das variáveis, as quais os arquitetos precisam se aprofundar para a melhoria da construção de cidades e paisagens resilientes, seja a resiliência relativa às relações sociais díspares na sociedade ou a resiliência da infraestrutura urbana em si, tema abordado neste trabalho.

Levando em consideração tudo que vimos até aqui sobre resiliência urbana, não procuramos limitar o tópico e associar a aplicação da resiliência urbana à criação de uma cidade totalmente modificada para se preparar para possíveis ameaças futuras, mas sim utilizá-la como uma ferramenta para o planejamento da paisagem a longo prazo, considerando todas as variáveis pertinentes ao ambiente, aos habitantes e à cidade. Sabendo da realidade presente na cidade de São Luís, onde os investimentos e os esforços de planejamento devem ir principalmente ainda para a infraestrutura básica da cidade, como a revisão do plano diretor, o fornecimento de saneamento básico e educação para todos os habitantes, se preocupar com o futuro pode parecer desnecessário frente a tantos problemas que ainda enfrentamos, porém se preparar através de um planejamento a longo prazo irá ajudar a cidade a triunfar e resistir às ameaças futuras, e isto pode começar com pequenos passos, como o mapeamento de áreas vulneráveis junto à defesa civil, pesquisa de soluções, políticas e práticas de outras cidades, e de como enfrentam com sucesso os mesmos problemas.

Dito isto, o objetivo da avaliação da resiliência urbana às inundações costeiras, na área específica deste trabalho do bairro da Liberdade, foi contribuir para as previsões dos futuros possíveis para aquela área, ajudando a prevenir de certa forma habitantes da região para o que pode vir a acontecer, bem como guiar os investimentos públicos na área, priorizar as melhorias e modificações necessárias para atender a população, e evitar gastos públicos com

infraestrutura ineficaz e construções institucionais públicas em áreas vulneráveis, como escolas e postos de saúde.

Como possíveis alternativas para a aplicação da resiliência urbana às inundações na área estudada e aprofundamento em futuros estudos acerca desse assunto, podemos citar a criação de um plano de resiliência para o bairro da Liberdade relativo às ameaças climáticas, com mapeamento das áreas vulneráveis, e diagnósticos de vários profissionais de diferentes campos do conhecimento, ajudando a criar um planejamento multidisciplinar e que abranja todas as necessidades do lugar. O plano pode se expandir para outros bairros da cidade que também estão em áreas consideradas vulneráveis. Esta alternativa segue os moldes do que foi mostrado através do plano de resiliência costeira da cidade de Boston para dois bairros específicos da cidade, que estão em risco iminente de sofrerem com elevações do nível do mar.

Outra solução possível, mas estrutural, seria a criação de barreiras naturais ou artificiais que impeçam a invasão das águas na área urbanizada e evite os prejuízos da população devido à elevação do nível do mar, como a construção de parques elevados costeiros ou através do reflorestamento da área de manguezal, tão dizimados para o progresso da expansão urbana, mas que protegem a costa das variações do nível do mar.

O resultado deste trabalho reflete minha aspiração e interesse em entender os eventos decorrentes das mudanças climáticas e como estes podem influenciar no planejamento da paisagem das cidades. Trazendo a atenção para tais assuntos muitas vezes esquecidos, mas que são cruciais para o futuro das cidades, é possível guiar e progredir nas discussões entre os profissionais capacitados para tal. Para finalizar, creio que dentre as muitas funções do arquiteto e urbanista, o mesmo deve projetar e planejar com os olhos no passado, presente e no futuro, por mais incerto que possa parecer.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, D. E. **Natural Disasters**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1993.
- ARUP, RPA e SIEMENS. **Toolkit for Resilient Cities – Infrastructure, Technology and Urban Planning**. Research Project. 2013.
- BALTAZAR, A. P. **Sobre a resiliência dos sistemas urbanos: devem eles ser resilientes e são eles realmente sistemas?** In VI RUS. N. 3. Trad. Biaggioni, B., D'Andréa, A. São Carlos: Nomads. USP. 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/invited/layout.php?item=1&lang=pt>. Acessado em: 10/09/2017.
- BERTI SARLAS, T. L. **Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Santa Rita do Sapucaí, utilizando SIG**. 2010. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Itajubá, MG. UNIFEI.
- BEZERRA, D.S. **O Ecossistema Manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Anil, São Luís, Maranhão**. 2008. 221 p. Dissertação (Mestrado de saúde e Ambiente) Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2008.
- BEZERRA, D. S. **Modelagem da Dinâmica do manguezal frente à elevação do nível do mar**. 2014. 158 p. Tese (Doutorado em Ciências do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 2014.
- BIANCHI et al. **Cidades Resilientes a inundações**. Seminário da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 19 p. Orientação: Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins. 2015.
- BURNETT, C. L. F; SILVA, J. B. V. **O Mapa Cultural Do Rio Anil Como Instrumento De Integração Urbana E Transformação Espacial**. Anais XVI ENANPUR, 2015.
- CHOW, V.T. **Hydrologic Studies of Floods in the United States**. Inter. Assoc. Sci. Hydrol., Publ. nº 42, 134-170, 1956.

CHURCH, J.A et al. **Sea Level Change**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

COSTA, L. M. S. A. **Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley: PROURB, 2006.

FARIAS, J. A. **Resiliência: um bom conceito para o projeto e a reforma urbana?** XVII ENANPUR. São Paulo. 2017. Artigo disponível em <http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sesoes_Tematicas/ST%2010/ST%2010.6/ST%2010.6-05.pdf>

FERREIRA, K. A. **Resiliência urbana e a gestão de riscos de escorregamentos: uma avaliação da defesa civil do município de Santos – SP**.2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

FRIEDMAN, Y.; LEE, T. **Cities Taking Action: How the 100 Resilient Cities network is building urban resilience**. The Rockefeller Foundation. 2017. Disponível em: http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/WEB_170720_Summit-report_100rc-1.pdf. Acesso em: 23 de julho. 2017.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil**. In:XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2005: João Pessoa) Porto Alegre: ABRH, anais 2005. 14p.

GUARESCHI, N. M. F. et al. **Intervenção na condição de vulnerabilidade social: um estudo sobre a produção de sentidos com adolescentes do programa do trabalho educativo**. 2007. Disponível em: <http://www.revispsi.uerj.br/v7n1/artigos/html/v7n1a03.htm#mailfim>

HOLLAND, C.S. **Resilience and stability of ecological systems**. in: *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol 4 :1-23.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPCC-AR4, 2007: **Climate Change: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University Press, 996 p.

JHAN, A. K.; BLOCH, R.; LAMONDE, J. **Cidades e Inundações: Um guia para a gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o século XXI**. Banco Mundial - Escritório de Brasília. 2011. Disponível em: http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=3c3b9a72-9358-415f-9efe-89fad4cbb381&groupId=10157. Acesso em: 23/07/2017.

MEDELLÍN. **Resilient Medellín, a Strategy for Our Future**. 100 Resilient Cities. 2016.

MOSTAFAVI, M.; DOHERTY, G. (org.) **Urbanismo Ecológico**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

PBMC, 2016: **Mudanças Climáticas e Cidades, Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A. s. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116 p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

PRADO, B. I. W. **Paisagem Urbana de São Luís: Transformação das formas e arranjos naturais na ponta d'areia**. São Luís: BIWP, 2016

POMPEO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 15-23.

REIS, C. H. **Caracterização espacial do uso da terra em áreas de manguezais utilizando diferentes sistemas orbitais – um caso aplicado aos manguezais da APA - Guapimirim – RJ**. 2007, 148 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

RAMALHO, A. C. **Álbun gráfico do Estado do Maranhão**. Belém: Empresa Gráfica Amazônia, 1923.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

SALGADO, J. B. S. N. **O caos urbano e os manguezais de São Luís.** In: Aspectos Urbanos de São Luís: Uma abordagem disciplinar. p. 167 -201. 2012. Ed. UEMA.

SANTOS, T.L.A. **Estruturas significantes e ativas da paisagem insular do norte da ilha de São Luís: Análise das Potencialidades do Sistema de Espaços Livres.** Relatório Final de Pesquisa da Bolsa de Iniciação Científica da Universidade Estadual do Maranhão – PIBIC/CNPQ. Seminário de Iniciação Científica da UEMA. Orientação: Prof. Dra. Barbara Irene Wasinki Prado. Outubro de 2014 a outubro de 2015.3 de dezembro de 2015. 19 pp.

SANTOS, T. L. A. **Desenho colaborativo da paisagem: a criação de um sistema de espaços livres públicos na Camboa.** 2015. 136 f. Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2015.

SÃO LUÍS - MARANHÃO. **Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo Urbano de São Luís.** LEI Nº 3.253/1992.

SÃO LUÍS - MARANHÃO. **Plano Diretor Municipal de São Luís.** LEI Nº 4.669/2006.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, C.A.M DA. **Em busca de resiliência? Urbanização, ambiente e riscos em Santos (SP).** 2014. 253p. Tese (Doutorado) – Campinas, SP: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SILVA, T. B. da. **Urbanismo sustentável e o paradigma da resiliência: aplicações em planejamento e projeto: estudos de caso nas intervenções urbanas da linha K em Medellín, sistema teleférico do complexo do alemão e parque Sitiê no Vidigal.** 2017. 201 p. Dissertação (Mestrado) – São Paulo, SP. Universidade de São Paulo. 2017.

SOUZA, B.B.G. **Caracterização de Indicadores socioambientais na bacia do Rio Anil, São Luís - MA, como subsídio à análise econômico-ambiental do**

processo de desenvolvimento. 2015. 146 p. Tese (Doutorado) – Niterói, RJ. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

THE CITY OF BOSTON. **Coastal resilience solutions for east Boston and Charlestown**. 2017. Disponível em: https://www.boston.gov/sites/default/files/coastalresiliencesolutions_eastbostoncharlestown_fullreport.pdf. Acesso em: 5 de novembro. 2017.

TUCCI, C.E.M. Água no meio urbano. In: **Água Doce**. Porto Alegre, 1997. Capítulo 14.

TUCCI, C.E.M. **Elementos para o controle da drenagem urbana**. Disponível em: <http://www.iph.ufrgs.br/grad/disciplinas/dhh/iph01014/elementos.pdf>. Acesso em: 05 de agosto. 2017.

TUCCI, C.E.M. Gestão das inundações na drenagem urbana. In: **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Porto Alegre, 2005. p. 88 – 120.

UN-HABITAT. **Issue Paper on Informal Settlements**. 22. Habitat III. 2015. Disponível em: <https://unhabitat.org/habitat-iii-issue-papers-22-informal-settlements/>. Acesso em: 24 de outubro.2017

UN-HABITAT. **Trends in Urban Resilience**. 2017. Disponível em: <https://unhabitat.org/books/trends-in-urban-resilience-2017/>. Acesso em: 2 de outubro.2017.

UNITED NATIONS. **New Urban Agenda**. Habitat III. English. 2017. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf>. Acesso em: 24 de outubro. 2017.