

Arquitetura e Urbanismo Resilientes às Inundações: Planejamento de Áreas Inundáveis e Tipologias de Edificações

Architecture and Urban Planning Resilient to Flooding: Floodplain Planning and Typologies of Buildings

Arquitectura y Urbanismo Resilientes a las Inundaciones: Planificación de Áreas Inundables y Tipologías de Edificaciones

Maria Augusta Justi Pisani. Professora doutora de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: augusta@mackenzie.br

Resumo

Os acidentes associados a inundações urbanas têm atingido mais as classes sociais menos favorecidas e os assentamentos precários. As políticas públicas brasileiras em relação às regiões ambientalmente frágeis têm se direcionado para identificação e tratamento das áreas de risco ocupadas, os maiores investimentos ainda são empregados no socorro às vítimas, e as ações para que os acidentes sejam minimizados ou evitados são deixadas em segundo plano.

As inundações urbanas geram perdas socioeconômicas e ambientais cada vez mais graves. A postura de combater esses danos tem mudado nas últimas décadas e passou da finalidade de previsão e socorro às vítimas para a de construir edifícios e cidades resilientes. O objetivo dessa investigação é identificar os desafios e as possibilidades da arquitetura e do urbanismo resilientes em áreas suscetíveis a inundações. O procedimento metodológico empregado foi o levantamento de dados primários e secundários com relação às políticas públicas e aos tipos construtivos nacionais e internacionais, com ênfase no século XXI. Os resultados elencam soluções projetuais que podem auxiliar novos processos de projeto de edificações que amparam a preservação social nos casos de inundações.

Palavras-chave: Arquitetura resiliente; Inundação; Projeto de arquitetura.

Abstract

Accidents associated with urban floods have hit the most disadvantaged social classes and slums. Regarding the environmentally fragile regions Brazilian public policies have directed to the identification, treatment of occupied areas of risk and the largest investments are still employed in helping the victims, and actions so that accidents are minimized or avoided are left the side. Urban floods generate socio-economic and environmental losses increasingly severe. The stance to combat this damage has changed in recent decades and spent the purpose of forecasting and help victims to build buildings and resilient cities. The purpose of this research is to identify the challenges and possibilities of resilient architecture and urbanism in areas susceptible to flooding. The methodological procedure used was a survey of primary and secondary data regarding public policies and national and international building types, with emphasis on the twenty-first century. The results list design solutions that can help new building design processes that help social preservation in case of flooding.

Keywords: Resilient architecture; Flooding; Architectural design.

Resumen

Los accidentes asociados con las inundaciones urbanas han afectado a las más desfavorecidas clases sociales y los barrios marginales. Políticas públicas brasileñas en relación con las regiones ambientalmente frágiles se han dedicado más a la identificación y el tratamiento de las zonas de riesgo ocupadas e inversiones más grandes aún están empleadas en ayudar a las víctimas y las acciones a que los accidentes se minimizan o evitan son segundos plan. Inundaciones urbanas generan pérdidas socioeconómicas y ambientales cada vez más graves. La postura de combatir este daño ha cambiado en las últimas décadas y pasó el fin de las víctimas de previsión y ayuda a construir edificios y ciudades resilientes. El propósito de esta investigación es identificar los retos y posibilidades de la arquitectura y el urbanismo resistentes en áreas susceptibles a inundaciones. El procedimiento metodológico utilizado fue una encuesta de datos primarios y secundarios acerca de las políticas públicas y los tipos nacionales e internacionales de construcción, con énfasis en el siglo XXI. Los resultados elencan soluciones de diseño que pueden ayudar a los nuevos procesos de diseño de edificios que apoyan la preservación social en caso de inundación.

Palabras clave: Arquitectura resiliente; Inundaciones; Diseño arquitectónico.

INTRODUÇÃO

A primeira década do século XXI é um marco na história da urbanização, pois a partir de 2007 mais da metade da população mundial passou a residir nas cidades, e essa proporção poderá dobrar nas próximas três décadas (DAVIS, 2006). Um dos impactos dessa urbanização exacerbada está relacionado ao fato de os cidadãos continuarem a se instalar em áreas suscetíveis a inundações, normalmente em fundos de vales ou à beira-mar, o que tem elevado os acidentes e as perdas socioeconômicas em relação aos eventos ocorridos em décadas anteriores. Os dados mundiais elaborados pela Emergency Events Database (CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, 2016) apontam que o ano de 2015 foi dramático se comparado ao período acumulado de 2005 a 2014; em 2015 foram registradas 152 ocorrências de grandes inundações para 171 acumuladas na década anterior, tendo como base as mesmas fontes de informações e o mesmo método de avaliação. As perdas econômicas que o Brasil sofre com as inundações urbanas não são totalmente conhecidas, mas, pela extensão de seus impactos, observa-se que são vultosas, principalmente nos eventos de grande abrangência, como as que afetam a cidade de São Paulo e do Rio de Janeiro todos os anos. Segundo dados da Secretaria Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2007), os desastres naturais no mundo produziram danos superiores aos provocados pelas guerras, portanto, os esforços para diminuir essas ameaças devem ser intensificados.

Os acidentes associados a inundações nas cidades têm atingido em maior número as classes sociais menos favorecidas e os assentamentos precários. A ocupação inadequada das áreas ambientalmente frágeis e os problemas que estas geram têm sido enfrentados no Brasil pelo Sistema de Defesa Civil no trabalho de identificação e tratamento das áreas de risco ocupadas, ou seja, os maiores investimentos ainda são empregados no socorro às vítimas, e as ações para que os acidentes sejam minimizados ou evitados são de pequena envergadura (PISANI, 2004). As mudanças climáticas são estudadas por diversos observatórios nacionais e internacionais, porém as relações entre a pobreza, áreas de risco e mudanças climáticas também não são devidamente avaliadas no Brasil (BRUNA; PISANI, 2010).

As formas convencionais de atuação das políticas públicas nas áreas de fundos de vale e em outras sujeitas a inundações são por meio de medidas estruturais e não estruturais e da manutenção da infraestrutura urbana. Essa forma de classificação também tem passado por mudanças, tendo em vista que algumas ações consideradas não estruturais no passado passam atualmente a ser estruturais, como o caso das ações intensivas em toda a bacia hidrográfica. Porém, quando se observam várias comunidades ribeirinhas na história da arquitetura e do urbanismo, verificam-se outras formas de lidar com a questão, como as palafitas no Norte e Nordeste do Brasil, as habitações flutuantes na Holanda e na China, e as habitações sobre patamares no Egito. Atualmente são empregadas velhas ideias com novas técnicas para minimizar ou eliminar o

problema das cheias dentro das edificações: é o que se denomina contemporaneamente de arquitetura e urbanismo resilientes à inundações.

O objetivo dessa investigação é identificar os desafios de projeto de edificações resilientes em áreas suscetíveis a inundações. O procedimento metodológico empregado foi o levantamento de dados primários e secundários com relação às políticas públicas e tipologias construtivas nacionais e internacionais. Os resultados elencam soluções de edificações tanto no edifício como na área envoltória, e os resultados dessa investigação podem auxiliar novos processos de projetos de construções resilientes às inundações¹.

Segundo Jha, Miner e Stanton-Geddes (2013), os componentes da resiliência ante os desastres naturais podem ser de ordens infraestruturais, institucionais, econômicas e sociais. Esta pesquisa aborda apenas um dos componentes infraestruturais, que tem dentro de sua definição, entre outras questões, a redução da vulnerabilidade das edificações ante os desastres naturais, mais especificamente as inundações.

REFERÊNCIAS INTERNACIONAIS

O furacão Katrina que atingiu a cidade de Nova Orleans em agosto de 2005 e suas consequências danosas alertaram os gestores de risco norte-americanos sobre a necessidade de buscar mais ferramentas para prever e planejar acidentes, e tal ocorrência se tornou um marco acelerador de pesquisas sobre a capacidade de as cidades contemporâneas enfrentarem os acidentes naturais e antropogênicos.

A antecipação dos desastres naturais é fundamentada na capacidade de prever os impactos desses eventos, o que é uma tarefa complexa, e, em muitos casos, só se aprende pela experiência a partir da repetição histórica de desastres de grande amplitude. Esse exercício é forçado a ocorrer quando uma política pública existente fracassa ou quando os modelos de gestão não são sustentáveis perante uma crise, como: a confiança que os moradores de Nova Orleans tinham nos diques antes de estes se romperem com o furacão Katrina aumentou as consequências do acidente (GUNDERSON; FOLKE, 2005). A criação de novas políticas ou abordagens sobre os problemas é necessária para resolver as dificuldades reveladas pelos episódios e pela consequente crise que se sucede. A

¹ Gunderson e Folke (2005) explicam que "Resiliência pode ser atribuída a resalire palavra latina que se traduz como andar ou saltar para trás". Em áreas diferentes do saber, resiliência denota a capacidade de recuperação depois de um choque ou de um evento que altere as condições iniciais. A expressão "resiliência ecológica" foi utilizada pela primeira vez por Crawford Stanley Holling, em seu artigo publicado na *Annual Review of Ecology and Systematics*, onde o autor descreve dois diferentes aspectos das mudanças em um ecossistema ao longo do tempo: o primeiro é a característica de resiliência que envolve a persistência das relações dentro de um sistema, e o segundo é a capacidade que um sistema possui de absorver as alterações de estado e resistir a elas. Segundo o relatório *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation* publicado em 2012 pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), a definição de resiliência é: "A capacidade de um sistema e seus componentes para antecipar, absorver, acomodar os efeitos de um evento perigoso em tempo hábil e eficiente ou se recuperar deles, inclusive por meio de assegurar a preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas essenciais e de suas funções básicas" (tradução nossa). Na área da arquitetura, a expressão "arquitetura resiliente" pode ser empregada para nomear as edificações que incorporam projetos, instalações, materiais e técnicas que reduzem os impactos dos acidentes, minimizando ou eliminando as perdas socioeconômicas durante e após os eventos danosos. Em urbanismo, a expressão "resiliência urbana" pode ser definida como o conjunto de ações e obras que preparam as cidades para resistir aos efeitos de eventos danosos, absorvê-los, adaptar-se a eles e recuperar-se deles. A resiliência da arquitetura e do urbanismo está contida nos quesitos de sustentabilidade do edifício e das cidades.

confiança em sistemas que funcionam há algum tempo pode estar encobrendo o potencial de novos desastres e suas sequelas.

As políticas de resiliência foram adotadas na Inglaterra somente após as grandes cheias de 2006 que surtiram efeitos maiores do que era esperado pelas instituições de previsão de acidentes naturais. Atualmente, na Inglaterra, como em vários países da Europa, a estratégia do projeto resiliente recomenda a construção de edifícios com resistência às inundações, entre outras medidas para a convivência com os riscos. Ainda assim não é possível proteger todos os bens e os cidadãos contra os eventos excepcionais, aqueles que vão além dos projetos técnica e economicamente possíveis, porém a arquitetura resiliente é mais uma ferramenta para auxiliar o planejamento e gestão dos riscos. No século XXI, nota-se que os desastres naturais apresentam um crescimento imprevisível e sem nenhum indício de que vão diminuir de intervalo entre as ocorrências. As políticas urbanas inglesas atuais estipulam que o risco de inundação tem que ser levado em conta em todas as fases do processo de planejamento e de projeto para evitar o crescimento indesejável dessas áreas e para que o adensamento e as novas ocupações ocorram fora das áreas de maior risco à inundação (UNITED KINGDOM, 2007).

Desde 2003 advieram várias iniciativas, lideradas pela Comissão Europeia (CE), pelo governo do Reino Unido e pela indústria de seguros, para estimular o uso de medidas de arquitetura e urbanismo resilientes, como forma de reduzir os impactos das inundações, como é o caso do manual *Preparação para cheias* que sugere diversas medidas para atenuar os danos que as águas causam nos edifícios, bem como outras recomendações sobre a reparação das construções após a inundação. No entanto, a maioria dos esforços europeus se concentra em como reparar ou inserir medidas preventivas nas edificações existentes, em vez de pesquisar como projetar, construir e manter as áreas suscetíveis às inundações.

Por que ainda se ocupam as áreas de inundação? A resposta que parece mais evidente é que essas construções são inevitáveis por motivos históricos, culturais, econômicos, políticos ou espaciais. Porém, todo o planejamento deve coibir novas ocupações não compatíveis com o tipo de risco a que estão sujeitas, pois essa decisão ainda é a política menos impactante e coerente a ser adotada. O mapeamento com a indicação do grau de risco nas zonas inundáveis é necessário para possibilitar a gestão dessas áreas, e ele pode ser elaborado a partir de diversas informações históricas de pluviosidade e de eventos históricos. Atualmente, na Inglaterra, não é proibido construir nem adensar áreas sujeitas a inundações, porém o empreendedor terá que pagar taxas extras à municipalidade para obras estruturais e serviços e obras de manutenção no combate às cheias. Além dessas ações, o empreendimento terá que providenciar medidas preventivas, seja na forma, nos materiais e nas técnicas ou nos equipamentos instalados, e todos os proprietários são informados oficialmente sobre o problema a que estão sujeitos e sobre a ausência de seguros contra as inundações (UNITED KINGDOM, 2007).

Após ocorrências de inundações desastrosas no início do século XXI, os arquitetos ingleses iniciaram um processo de pesquisa e aplicação em arquitetura, em que, entre muitas questões levantadas, destaca-se:

Até que ponto as soluções de arquitetura e de design podem mitigar os efeitos das inundações e colaborar para que os moradores dessas áreas tenham uma propriedade mais viável em um mundo com riscos cada vez maiores? (LIVING WITH WATER, 2007, p. 5, tradução nossa).

As estimativas clássicas de análise de risco às inundações são baseadas em estatísticas históricas com uma margem de segurança, e essa metodologia é fundamentada na ideia de que, se a probabilidade de um evento é pequena, então as populações podem conviver com ele. O cenário técnico e científico do final do século XX e início do XXI acrescenta mais incertezas sobre as previsões climáticas porque as ações do homem sobre o território, associadas às causas naturais, têm acarretado eventos que contradizem os dados históricos. Diversos desastres nessas últimas três décadas saíram totalmente das previsões baseadas nos períodos de retorno históricos, e, dessa forma, há necessidade do surgimento de novas abordagens para esses velhos problemas. Quando se projetam as expectativas, não se ponderam os eventos que possuem baixa probabilidade de ocorrência, mas, quando eles acontecem, os resultados são calamitosos. Os grandes acidentes relacionados com inundações que têm ocorrido nas últimas décadas desencadearam mais pesquisas e interesses nas mudanças das políticas públicas, para que estas possam minimizar as consequências dos eventos danosos. Nesse quadro, deve-se recordar que a dinâmica das águas, além das inundações, também deflagra os acidentes relacionados com os escorregamentos e com as contaminações que surgem após as cheias.

Durante as duas últimas décadas, por meio de leitura sistemática das publicações nacionais específicas oriundas tanto das universidades quanto dos órgãos de Defesa Civil, foi possível identificar alguns fatores que são apontados como sendo os responsáveis pelo aumento das inundações urbanas, entre eles a falta ou a inadequação do planejamento urbano é o mais recorrente. O fato constatado é que a vulnerabilidade das cidades ante as inundações aumenta à medida que as áreas permeáveis são ocupadas por novos assentamentos, legais e ilegais, nos espaços antes permeáveis e que estes deveriam continuar funcionando como "ralos" para as cidades. Uma vez ocupadas, raramente as áreas urbanas desaparecem, mesmo após acidentes recorrentes e avassaladores. Essa persistência em ocupar espaços de risco aumenta a dependência de grandes sistemas de infraestruturas, que, por sua vez, são complexos e possuem a gestão mais sofisticada e morosa que as medidas preventivas. Em função do exposto, constata-se que as cidades contemporâneas estão perdendo a capacidade de adaptação às mudanças aceleradas de suas estruturas e que cada vez mais os acidentes naturais geram acidentes e prejuízos socioeconômicos vultosos.

Durante o século XXI, o desenvolvimento sustentável das cidades está diretamente ligado à sua capacidade em lidar com os acidentes naturais e as suas decorrências. Para responder a essa demanda, são necessários pesquisas e projetos transdisciplinares e sistêmicos, que vão desde as ações dentro do lote

até as grandes obras de infraestrutura e o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas. As mudanças na gestão das inundações e o aprofundamento das pesquisas regionais têm sido essenciais para o progresso das ações que minimizem os impactos negativos causados por esses eventos, tendo em vista que o conhecimento científico aponta que os episódios de acidentes não serão reversíveis. O foco de ação carece ser de: “como as populações se preparam para as inundações” e não de “como eliminar as inundações”. Essa postura tem liderado os objetivos de muitas agências, como o The Flood Resilience Group que é um grupo multidisciplinar de pesquisas, filiado a Unesco-IHE Institute for Water Education e à Universidade de Técnica de Delft, na Holanda.

As mudanças climáticas constatadas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (2016) nas últimas décadas desencadearam pesquisas sobre cenários futuros relacionados a acidentes naturais e o planejamento para que os efeitos nocivos desses acidentes sejam minimizados. Um importante aspecto detectado foi a mudança de postura dos órgãos de Defesa Civil brasileiros, como se constata na Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e tem como principal foco as ações de prevenção, sem negligenciar o socorro às vítimas e a recuperação das áreas atingidas (BRASIL, 2012). Dentro dessas premissas, o papel da arquitetura e do urbanismo é capital, assumindo os objetivos de atender às necessidades atuais e de proporcionar margem de segurança para o futuro, levando em consideração todo o ciclo de vida dos edifícios e da cidade.

DESAFIOS DO PLANEJAMENTO

As previsões e as experiências com as obras civis, o planejamento, a manutenção e gestão das cidades foram adquiridas e alimentadas pelos eventos climáticos anteriores. O conhecimento do regime pluviométrico e de seu comportamento é um dado necessário para o planejamento e projeto das edificações, porém tem se observado que os períodos de retorno de eventos pluviométricos estão em alteração.

Os grandes desafios de planejar e ocupar as cidades neste século são: as incertezas científicas, as mudanças climáticas e a precariedade da ocupação da população mais pobre no território. O Escritório das Nações Unidas para Redução de Desastres (Office of the United Nations Disasters Relief Coordinator – Undro) elaborou em 1991 um plano metodológico para a atuação ante os acidentes naturais, fundamentado em duas ações: prevenção e preparação. A prevenção está diretamente relacionada com as medidas que podem ser tomadas antes dos desastres para evitá-los ou minimizar seus efeitos, e a preparação subsidia as ações de emergência, antes, durante e após o desastre. Para atender aos objetivos dessas duas fases, são recomendadas as seguintes etapas: identificação dos riscos; mapeamento; análise dos riscos; medidas de prevenção, estruturais e não estruturais; planejamento para emergências; informações públicas; e treinamento de agentes para trabalhar nas ocorrências (OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF COORDINATOR, 1991).

Segundo o Office of the United Nations Disasters Relief Coordinator (1991), os fatores que aumentam a vulnerabilidade à inundação nas cidades são originados pelas seguintes características:

- a) Planejamento urbano inexistente ou inadequado ante os acidentes naturais.
- b) Urbanização intensa com a impermeabilização da maior parte da área das bacias hidrográficas, inclusive as que originalmente estão sujeitas às cheias.
- c) Ocupação dos vazios urbanos deixados pela ocupação mais esparsa.
- d) Adensamento sem estudos minuciosos sobre os riscos, mesmo em áreas que já foram atingidas por inundações.
- e) Falta de políticas públicas que envolvam de forma sistêmica toda a infraestrutura de apoio nos casos de acidentes naturais.
- f) Perda da habilidade de se adaptar às rápidas mudanças nas previsões e na gestão dos acidentes recorrentes.
- g) Inexistência de construções resilientes.
- h) Educação insuficiente sobre as formas de prevenção e de convivência com os acidentes naturais.

Esses fatores elencados colocam novas provocações para as pesquisas sobre as inundações urbanas, pois estas devem abranger cada vez mais um número maior de áreas do conhecimento (urbanismo, arquitetura, economia, engenharias, geografia, meteorologia, hidrologia, assistência social, psicologia, pedagogia, entre outras). A visão transdisciplinar tem que se articular de forma integrada e em diferentes escalas, que vão desde os planos nacionais, os planos de bacias hidrográficas, as escalas de microbacias até a edificação e seus detalhes construtivos. O enfoque desta pesquisa é direcionado para a escala do edifício, nas edificações resistentes a inundações, porém sem perder a noção do conjunto, enquanto outras soluções integradas não resolverem o problema em toda a bacia hidrográfica.

EDIFICAÇÕES RESILIENTES À INUNDAÇÃO

Os países asiáticos citados a seguir foram selecionados para os levantamentos de campo desta investigação pelo fato de conviverem com inundações anuais, fato que fez com que as populações de todas as camadas sociais desenvolvessem vários tipos de edificações resilientes a inundações. Vietnã, Tailândia, Camboja e Laos pertencem à Bacia Hidrográfica do Mekong e possuem um acordo de gestão dos recursos hídricos denominado “Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do Mekong” desde 1995, que tem como objetivos ações para minimizar os impactos das constantes cheias. Essa bacia possui grandes índices de pluviosidade, com as cidades concentradas nas regiões de planícies inundáveis historicamente que, agravadas pelas atividades humanas que desmatam sistematicamente grandes áreas para a urbanização e a

agricultura, desencadeiam o aumento das áreas inundáveis (LY et al., 2018). Nessas áreas visitadas, todas as edificações estão preparadas para as cheias anuais que podem permanecer por meses, e, por essa razão, são encontrados edifícios antigos e novos com tipologias semelhantes. São milhares de habitantes que, geração após geração, aprenderam a conviver com as águas por intermédio de hábitos e edificações resilientes.

Os levantamentos de campo sobre a arquitetura vernácula em áreas de inundações constantes em países do Sudeste Asiático auxiliaram as constatações das tipologias resilientes às inundações já praticadas há séculos e que garantem a convivência com as águas. A Figura 1 apresenta residências ribeirinhas na cidade de Bangkok, na Tailândia, edificadas sobre palafitas, conjugadas a espaços públicos para permitir a circulação de pedestres e bicicletas.



Figura 1: Residências ribeirinhas em Bangkok, na Tailândia.
Fonte: Foto tirada pela autora.

A Figura 2 mostra um exemplar da arquitetura vernácula tailandesa, onde a área das palafitas pode ser utilizada para outros usos no período em que as águas estão baixas, e a Figura 3 elucida uma residência instalada dentro de um pequeno lago com o acesso à cidade por meio de pequenas pontes.



*Figura 2: Residência em área inundável na cidade de Bangkok, na Tailândia.
Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 3: Arquitetura vernácula residencial na cidade de Bangkok, na Tailândia.
Fonte: Foto tirada pela autora.*

A Figura 4 exemplifica uma vila residencial flutuante na Baía de Halong, no Vietnã, e as figuras 5 e 6 mostram exemplares da arquitetura popular em Siem Reap, no Camboja. Na Figura 5, vê-se uma escola infantil flutuante; e, na Figura 6, uma residência sobre palafitas em área inundável. O levantamento de campo identificou que os mobiliários e veículos armazenados no nível inferior podem ser içados ou transportados de forma manual para níveis mais altos durante o período das cheias.



*Figura 4: Casas flutuantes em vila na Baía de Halong, no Vietnã.
Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 5: Escolas flutuantes na cidade de Siem Reap, no Camboja.
Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 6: Residência na cidade de Siem Reap, no Camboja.
Fonte: Foto tirada pela autora.*

Na cidade de Luang Prabang, no Laos, são encontradas residências elevadas sobre palafitas nas baixadas inundáveis desde as edificações vernáculas, que foram edificadas com estrutura de madeira e vedações com treliças e palha trançada (Figura 7), ou as contemporâneas, construídas com a mesma tipologia, porém com estrutura de concreto armado e vedações com alvenaria de tijolos maciços (Figura 8).



*Figura 7: Arquitetura vernácula residencial laociana em Luang Prabang.
Fonte: Foto tirada pela autora.*



Figura 8: Arquitetura contemporânea em Luang Prabang, no Laos.
Fonte: Foto tirada pela autora.

A partir da análise de publicações nacionais e internacionais de destaque nessa área, tais como *Houses for Flood-prone Areas* (2011), *Environment Agency* (2007, 2009), Escarameia et al. (2012), Menezes et al. (2015) – que estudou as palafitas estudadas da região Norte do Brasil –, Weimer (2012) – que analisou o pantanal brasileiro –, Geissler, Loch e Oliveira (2007) – que produziram um estudo sobre as palafitas de Florianópolis, em Santa Catarina – e o apoio dos dados dos levantamentos de campo elaborados no Sudeste Asiático, foi possível arrolar as diferentes formas de construções resilientes às inundações:

1) *Edificações estanques (dry flood-proofing)*: trata-se de soluções que envolvem toda a área do edifício, tornando-o estanque e capaz de suportar a pressão hidrostática das cheias. As paredes externas da edificação precisam suportar as pressões durante o período da inundação. As aberturas de portas e janelas nas alturas inundáveis devem possuir materiais e mecanismos que não permitam a entrada da água. É mais factível se o edifício possuir pequeno perímetro. Deve-se prever uma entrada alternativa acima do nível de inundação, e essa solução se torna viável quando são esperados períodos curtos de inundação. Em situações de durações maiores ou altos níveis de água, a pressão da água pode fazer com que as paredes entrem em colapso. Segundo Escarameia et al. (2012), essa técnica é recomendada para os seguintes casos: quando inundações atingem até um pavimento; se a conexão do edifício com as vias de acesso e outras infraestruturas estão protegidas contra as enchentes; e se a duração de inundação não for longa.

2) *Edificações à prova de inundações (wet flood proofing)*: é um método de construção que permite a inundação temporária nos níveis mais baixos do edifício. O andar térreo pode ser ocupado com estacionamento, áreas de lazer ou outros usos, desde que as mobílias sejam facilmente removidas ou suportem a submersão durante algum tempo, como móveis de concreto, alvenarias, plásticos e alguns metais, como o aço inoxidável ou alumínio. Outro aspecto importante do projeto é a localização das instalações elétricas que não podem ter contato com a

água nem ser à prova de água. As instalações de água potável devem apresentar sistemas eficientes para não serem contaminadas com a água das cheias. O projeto do arquiteto australiano Michael Rayner (Figura 9) é um exemplo de edificação que trabalha com diversos níveis, e os usos e pertences mais nobres ficam nas cotas elevadas da edificação, enquanto as cotas mais baixas, suscetíveis a cheias, podem ter usos temporários, como o lazer. A garagem situada em cota inundável tem um dispositivo de elevação do automóvel no caso de cheias. O partido do projeto de Michael Rayner é similar aos das habitações vernáculas da Tailândia, do Laos e do Vietnã.

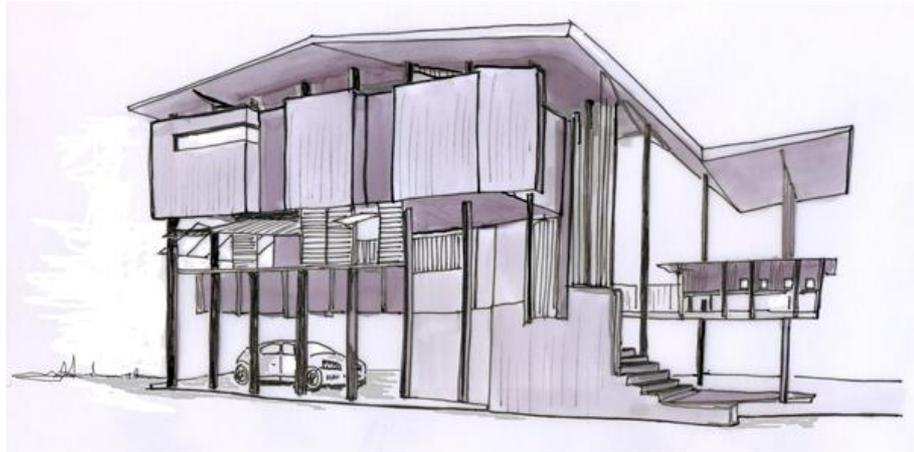


Figura 9: Residência resiliente projetada pelo arquiteto Michael Rayner.
Fonte: Elaborada pela autora com base em *Australian Architecture* (2015).

3) *Edificações elevadas*: podem ser divididas em duas categorias: a primeira é aquela sobre palafitas que se levantam acima da cota de inundação. Pode ser edificado sobre solo ou mesmo sobre a água. A entrada para o edifício deve ser efetuada por rampa ou escadas. Essa solução se torna onerosa para edificações que possuem grandes áreas de projeção. Quando as cotas de inundação são superiores a dois metros, a área baixa pode ser utilizada temporariamente. Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, muitas comunidades ribeirinhas utilizam essa técnica. A segunda categoria é a edificação sobre um patamar de aterro ou uma colina artificial. Essa forma deve ser uma das mais antigas maneiras de conviver com as águas temporárias, como é o caso das construções no Egito antigo que precisavam coexistir com as cheias do Rio Nilo. Uma das vantagens é que jardins e usos externos à edificação também podem ser protegidos das cheias, e uma desvantagem é a obtenção do material de aterro e os custos desses grandes movimentos de terra.

4) *Edificações flutuantes*: as edificações desse tipo são recorrentes na história dos Países Baixos por conviverem desde suas origens com as inundações constantes. Na Holanda, o maior edifício construído sobre uma plataforma de concreto flutuante é uma prisão em Zaandam, cujas dimensões são as seguintes: 100 metros de comprimento, 22 metros de largura e 1,5 metro de espessura. No Canadá e nos Estados Unidos, a técnica mais utilizada para construir plataformas flutuantes é a que emprega concreto com poliestireno expandido (EPS). O

poliestireno diminui a densidade da construção, o que a torna mais viável por requerer menos material submerso e permite a construção de plataformas maiores e mais seguras porque o conjunto flutuará em qualquer situação. As edificações flutuantes podem ser de duas formas: fixas dentro do limite do lote ou móveis como uma embarcação. Em função da variação do nível da cheia, a ligação com a terra tem que ser flexível. As estruturas móveis podem ser atracadas em diferentes locais. É um modo flexível e reversível de construção e possui a capacidade de se adaptar às áreas inundáveis constantemente. As construções vernáculas, fixas e móveis, nos lagos cambojanos são exemplares das edificações flutuantes.

5) *Edificações híbridas*: são as que misturam mais de uma forma relacionadas nos itens 1 a 4.

Os efeitos das inundações em edificações dependem de vários fatores, tais como: a altura da cheia dentro da edificação; o período de inundação ou de submersão; os sistemas de informações e de alertas às inundações; a velocidade e direção das águas; a quantidade de sedimentos transportados; o impacto dos resíduos e contaminantes das águas; e os períodos de retorno da cheia.

Os projetos de arquitetura e construção especiais para áreas inundáveis não representam a solução definitiva para o problema, porém é um reforço na ação do planejamento e da gestão de áreas de risco urbanas, e as habitações resistentes às inundações podem apresentar os seguintes benefícios:

- a) Reduzir os danos e transtornos causados por um evento.
- b) Reduzir o tempo em que o proprietário fica sem sua moradia.
- c) Minimizar os custos de eventuais reparos após uma inundação.
- d) Possibilitar a contratação de seguro, pois o imóvel possui projeto e construção apropriados contra os riscos.
- e) Permitir o emprego de mão de obra comum do mercado local de construção civil.
- f) Executar obras fora dos períodos chuvosos.
- g) Aumentar a segurança para o morador e para a cidade.

Uma das ferramentas auxiliares no gerenciamento de risco em áreas sujeitas a desastres naturais, segundo as indicações do Office of the United Nations Disasters Relief Coordinator (1991), é atuar com base no Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), que o Ministério das Cidades, por meio da Secretaria de Programas Urbanos, tem fomentado. Quanto à forma de gerir as áreas inundáveis urbanas, há uma mudança pós-moderna clara, que, em vez de “lutar contra a água”, a postura contemporânea é “conviver com a água” (ZEVENBERGEN, 2008). A constatação de que somente as obras de engenharia não podem resolver os impactos presentes e futuros das inundações gerou uma mudança de enfoque na gestão dessas áreas de risco. A abordagem integrada é a que associa todas as ações de forma sistêmica das intervenções estruturais, das não estruturais e da

manutenção dos sistemas, considerando também que essa classificação apontada vem sofrendo modificações pelos especialistas no assunto. O planejamento urbano e ambiental ainda é considerado como uma das ações mais efetivas para a minimização dos impactos oriundos dos acidentes naturais, e, dentro dele, o plano de usos adequados às fragilidades do território é um componente eficiente.

As intervenções físicas para reduzir os riscos de inundações devem estar associadas ao ordenamento do território e trabalhar com sinergia com outros objetivos, tais como habitação, transporte, economia, gestão das águas, educação, saúde e ambiente, pois, dessa forma, aumenta a viabilidade política e econômica das ações e das obras. Além disso, a gestão de risco de inundação precisa congrega estratégias adaptativas para suportar as mudanças climáticas e as incertezas relacionadas às previsões de eventos. A transição para a gestão de risco de inundação adaptativa integrada requer uma série de conhecimentos associados, seja das condições físicas, das ações antropogênicas, da gestão urbana e da participação da população (ZEVENBERGEN et al., 2008). Outra questão a pesquisar é a percepção e o preparo do morador em relação aos riscos a que está exposto, pois a educação contínua e a divulgação de meios para eliminar ou reduzir os danos das inundações devem ser acopladas às políticas públicas dos municípios (SANDINK, 2011). O cidadão tem que ser protagonista perante os riscos de inundação a que está exposto, não é suficiente apenas exigir o cumprimento das legislações urbanísticas e edilícias para se proteger, e, nesse quadro, a aplicação dos conhecimentos técnicos e científicos que subsidiam a arquitetura resiliente é uma ferramenta que pode proporcionar mais segurança contra os efeitos danosos dos eventos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A postura de combater os danos gerados pelos desastres naturais tem mudado nas últimas décadas, passando da visão de previsão e socorro às vítimas para a de construção de cidades e edifícios resilientes, e os arquitetos de todos os continentes têm se esforçado para pesquisar e projetar edifícios e cidades que possam preservar a vida humana nos casos de inundações, concomitante com a postura de evitar usos incompatíveis com as áreas inundáveis.

As pesquisas de campo, nacionais e internacionais, demonstram que muitas lições podem ser apreendidas com as soluções construtivas vernaculares. Os resultados desta pesquisa podem fornecer subsídios técnicos e práticos em novos processos projetuais de edificações resilientes, bem como alavancar outras pesquisas científicas e acadêmicas na área, para que novos profissionais sejam preparados para dar respostas aos riscos de inundações no século XXI.

REFERÊNCIAS

- AUSTRALIAN ARCHITECTURE. *Flood resistant architecture becomes top priority*. Disponível em: <<http://designbuildsource.com.au/flood-resistant-architecture-becomes-top-priority>>. Acesso em: 26 jun. 2015
- BRASIL. *Conferência geral sobre desastres: para prefeitos, dirigentes de instituições públicas e privadas e líderes comunitários*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC, autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2012.
- BRUNA, G. C.; PISANI, M. A. J. Mudanças climáticas e pobreza: reflexões. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, n.18, p. 58-66, dez. 2010.
- DAVIS, M. *Planeta favela*. São Paulo: Boitempo, 2006.
- ENVIRONMENT AGENCY. *Improving the flood performance of new buildings*. Flood resilient construction. London: Consortium managed by CIRIA Department for Communities and Local Government, 2007.
- ENVIRONMENT AGENCY. *Prepare your property for flooding*. A guide for householders and small businesses. London: Royal Institute of British Architects, 2009.
- ESCARAMEIA, M. et al. Building flood resilience measures. Outline design guidance including roadmap for accelerated acceptance. Seventh Framework Programme for European Research and Technological Development (2009-2013) FloodProBE European Community: FloodProBE, 2012. Disponível em: <http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/deliverable4_4_final_nov2012.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2015
- GEISSLER, H. J.; LOCH, C.; OLIVEIRA, R. Palafitas: tipologias habitacionais em áreas costeiras de Florianópolis – SC. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA LARES, 7., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Lares, 2007.
- GUNDERSON, L. H.; FOLKE, C. Resilience – now more than ever. *Ecology and Society*, v. 10, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art22/>>. Acesso em: 1º maio 2015.
- HOUSES FOR FLOOD-PRONE AREAS. *Cement, Concret & Aggregate Australia*, n. 18, June 2011. Disponível em: <<http://www.ccaa.com.au>>. Acesso em: 10 fev. 2015
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2014: mitigation of climate change. In: PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. (Ed.). *Synthesis*

report. *contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, 2016

JHA, A.; MINER, T. W.; STANTON-GEDDES, . (Ed.). *Buildings urban resilience. Principles, tools and practice*. Washington: The World Bank, 2013.

LIVING WITH WATER. *Visions of a flooded future*. U. K. Environment Agency, 2007. Disponível em: <http://www.buildingfutures.org.uk/assets/downloads/pdf/file_57.pdf>. Acesso em: 5 maio 2016.

LY, S. et al. Flood Mapping along the Lower Mekong River in Cambodia. *Engineering Journal*, Bangkok, v. 22, p. 269-278, Jan. 2018.

MENEZES, T. M. S et al. O tipo palafita amazônica: contribuições ao processo de projeto de arquitetura. *Oculum Ensaios: Revista de Arquitetura e Urbanismo*, v. 12, n. 2, p. 237-254, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/oculum/article/download/275>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF COORDINATOR. Undro's approach to disaster mitigation. *Undro News*, Jan./Feb. 1991.

PISANI, M. A. J. Inundações em áreas urbanas. In: SEMINÁRIO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA: PREVENINDO DESASTRES, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, Centro Universitário Belas Artes, 2004. v. 1, p. 23-31.

SANDINK, D. Involving homeowners in urban flood risk reduction. A case study of the Sherwood Forest Neighbourhood, London, Ontario. Institute for Catastrophic Loss Reduction, May 2011. ICLR research paper series – number 51.

UNITED KINGDOM. *Improving the flood performance of new buildings*. Flood resilient construction. London: Department for Communities and Local Government, RIBA Publishing, 2007. Disponível em: <www.opsi.gov.uk/click-use/system/online/pLogin.asp>. Acesso em: 21 jun. 2014.

WEIMER, G. *Arquitetura popular brasileira*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

ZEVENBERGEN, C. et al. Challenges in urban flood management: travelling across spatial and temporal scales. *Journal of Flood Risk Management*, v. 1, p. 81-88, 2008.