



Sistema de espaços livres e águas pluviais: propostas para a redução de riscos associados às cheias em Arraial do Cabo, RJ

Open space system and rainwater: proposals risk reduction associated with flooding in Arraial do Cabo, RJ

Sistema de espacios libres y aguas pluviales: propuestas para la reducción de riesgos de inundación en Arraial do Cabo, RJ

Pauliane Durso

Mestranda em Urbanismo no Programa de Pós-graduação em Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROURB/UFRJ), Brasil
casarindurso.p@gmail.com

Raquel Tardin

Professora Associada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ),
Brasil
rtardin@ufrj.br

Marcelo Gomes Miguez

Professor Associado da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Poli/UFRJ), Brasil
marcelomiguez@poli.ufrj.br

Aline Pires Veról

Professora Adjunta da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ),
Brasil
alineverol@fau.ufrj.br

RESUMO

De acordo com o Grupo do Banco Mundial, as inundações se referem ao fenômeno de maior ocorrência entre os desastres “naturais” e tornam-se cada vez mais frequentes, perigosas e dispendiosas (JHA et al., 2012). Dado que aponta para a urgência de se abordar o ciclo hidrológico e a drenagem urbana sob perspectivas contemporâneas de manejo integrado, sobretudo nos países do sul global (FLETCHER et al., 2014). Tendo isso em vista, objetiva-se com este estudo a compreensão das dinâmicas das águas pluviais e do potencial dos espaços livres públicos como importantes espaços para a realização dos processos inerentes às dinâmicas hidrológicas, cujo desenho adequado pode colaborar na minimização dos riscos associados às cheias. Para tanto, adota-se como estudo de caso o município brasileiro de Arraial do Cabo, localizado no estado do Rio de Janeiro. Metodologicamente, este estudo tem bases no reconhecimento e análise dos espaços livres públicos de Arraial do Cabo; levantamento e análise da ocorrência de cheias através da modelagem matemática realizada por meio do Modelo de Células de Escoamento (MODCEL); identificação de princípios de atuação no espaço urbano que viabilizem as dinâmicas das águas pluviais; proposição de possíveis aplicações práticas no contexto em análise. Operacionalmente, são realizadas: revisão bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa de campo e elaboração de cartografia detalhada. Como resultado, intenta-se que este estudo contribua para práticas que enfatizem o potencial dos espaços livres públicos de viabilizar as dinâmicas das águas pluviais no contexto urbano de modo a reduzir os riscos associados às cheias.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de espaços livres. Dinâmicas das águas pluviais. Arraial do Cabo.

ABSTRACT

According to the World Bank Group, flooding refers to the most prevalent phenomenon among “natural” disasters and is becoming increasingly frequent, dangerous and costly (JHA et al., 2012). Given that points to the urgency of addressing the hydrological cycle and urban drainage under contemporary perspectives of integrated management, especially in the countries of the global south (FLETCHER et al., 2014). With this in view, the objective of this study is to understand the dynamics of rainwater and the potential of public open spaces as important spaces for the realization of processes inherent to hydrological dynamics, whose proper design can contribute to minimize the risks associated with floods. To this end, it is adopted as a case study the Brazilian municipality of Arraial do Cabo, located in the state of Rio de Janeiro. Methodologically, this study is based on the recognition and analysis of public spaces in Arraial do Cabo; survey and analysis of the occurrence of floods through mathematical modeling performed through the Modelo de Células de Escoamento (MODCEL); identification of principles of action in urban space that enable the dynamics of rainwater; proposition of possible practical applications in the context under analysis. Operationally, the following are performed: literature review, documentary research, field research and elaboration of detailed cartography. As a result, it is intended that this study contributes to practices that emphasize the potential of public open spaces to enable stormwater dynamics in the urban context to reduce the risks associated with flooding.

KEYWORDS: Open space systems. Rainwater dynamics. Arraial do Cabo.

RESUMEN

Según el Grupo del Banco Mundial, las inundaciones se refieren al fenómeno más frecuente entre los desastres “naturales” y son cada vez más frecuentes, peligrosas y costosas (JHA et al., 2012). Dado que apunta a la urgencia de abordar el ciclo hidrológico y el drenaje urbano bajo las perspectivas contemporáneas de gestión integrada, especialmente en los países del sur global (FLETCHER et al., 2014). Con esto en mente, el objetivo de este estudio es comprender la dinámica del agua de lluvia y el potencial de los espacios públicos libres como espacios importantes para la realización de procesos inherentes a la dinámica hidrológica, cuyo diseño adecuado puede contribuir a minimizar los riesgos asociados con las inundaciones. Con este fin, se adopta como caso de estudio el municipio brasileño de Arraial do Cabo, ubicado en el estado de Río de Janeiro. Metodológicamente, este estudio se basa en el reconocimiento y análisis de espacios públicos en Arraial do Cabo; estudio y análisis de la ocurrencia de inundaciones a través del modelado matemático realizado a través del Modelo de Células de Escoamiento (MODCEL); identificación de principios de acción en el espacio urbano que permiten la dinámica del agua de lluvia; propuesta de posibles aplicaciones prácticas en el contexto bajo análisis. Operacionalmente, se realizan: revisión de literatura, investigación documental, investigación de campo y elaboración de cartografía detallada. Como resultado, se pretende que este



estudio contribuya a prácticas que enfaticen el potencial de los espacios libres públicos para permitir la dinámica de las aguas pluviales en el contexto urbano para reducir los riesgos asociados con las inundaciones.

PALABRAS CLAVE: *Sistemas de espacio libre. Dinámica del agua de pluviales. Arraial do Cabo.*



INTRODUÇÃO

De acordo com o Grupo do Banco Mundial, as inundações se referem ao fenômeno de maior ocorrência entre os desastres “naturais” e tornam-se cada vez mais frequentes, perigosas e dispendiosas devido ao crescente aumento populacional – que reflete na exposição de um maior número de pessoas a danos –, às alterações no uso do solo com a expansão de assentamentos humanos de forma precária e em áreas ambientalmente frágeis – sobretudo nos países do sul global –, e às mudanças climáticas – associadas, entre outros, ao aumento do nível do mar e da frequência dos extremos de cheia (JHA et al., 2012). Destaca-se que o uso de aspas para desastres “naturais”, se deve ao reconhecimento que, de fato, as inundações são fenômenos sócio naturais. Enquanto a chuva é o evento natural que dispara o processo, a inundação é resultante do processo de interação da chuva com a bacia hidrográfica que a transforma em vazão, com sua passagem através dos sistemas sócio econômicos que se desenvolvem e ocupam a bacia. Cabe ainda ressaltar que os efeitos dos alagamentos provocados por falhas das infraestruturas tradicionais de drenagem urbana, que se mostram insuficientes e pouco adaptáveis às demandas crescentes.

Tendo isso em vista, objetiva-se com este estudo a compreensão das dinâmicas das águas pluviais e do potencial dos espaços livres públicos como importantes espaços para a realização dos processos inerentes às dinâmicas hidrológicas, com base em princípios de projeto que colaborem na minimização dos riscos associados às cheias a partir de um desenho adequado.

A importância desse debate gira em torno, portanto, da urgência de se abordar o ciclo hidrológico e a drenagem urbana sob perspectivas contemporâneas de manejo integrado, sobretudo nos países do sul global (FLETCHER et al., 2015); e do potencial dos espaços livres, devido à sua flexibilidade, funcional e espacial, em reunir e viabilizar as dinâmicas e processos biofísicos no contexto urbano, incluindo a dinâmica hidrológica, possibilitando-a (TARDIN, 2008), principalmente, através da oferta de volumes de armazenamento, que permitem reorganizar funcionalmente a dinâmica das águas, que foi alterada pelo próprio processo de urbanização.

Com isso, propõe-se a superação de uma abordagem fragmentada da paisagem, em que há o predomínio de práticas de drenagem urbana com o foco no controle e no condicionamento das águas pluviais em função das dinâmicas urbanas, para uma abordagem múltipla e integrada, que considere a água e suas inter-relações com o espaço urbano em diferentes escalas. (MCHARG, 1969; SPIRN, 1984; HOUGH, 1995; TARDIN, 2014)

Para tanto, adota-se como estudo de caso o município brasileiro de Arraial do Cabo, no Rio de Janeiro – adotado como objeto de exploração da concepção aqui proposta e abordado no projeto de pesquisa de extensão: Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1]. Mais especificamente, foca-se no estudo das microbacias hidrográficas da Prainha, Praia Grande e Praia dos Anjos.



Como resultado, intenta-se que este estudo contribua para práticas que enfatizem o potencial dos espaços livres públicos de viabilizar as dinâmicas das águas pluviais no contexto urbano de modo a reduzir os riscos associados às cheias.

1. SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES E ÁGUAS PLUVIAIS: EM BUSCA DO MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS

1.1. Controle e condicionamento das águas pluviais

Historicamente, a questão das cheias urbanas é abordada com foco no volume de chuva – de modo a transferir o excesso de águas sujas (de chuva e servidas – quando for o caso de sistemas de esgoto combinados) para áreas mais distantes do local de intervenção (KIRBY, 2005) – cumprindo, em sua maioria, objetivos higienistas e, posteriormente, racionalistas e normativos também, sem consideração do funcionamento da bacia hidrográfica como um sistema interdependente e inter-relacionado (MIGUEZ et al., 2016).

Esses princípios apontaram, ao longo do tempo, para a construção de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem urbana pautados na captação, condução e descarga rápida dos efluentes (domésticos e industriais) e das águas pluviais para fora do contexto urbano (CHOCAT et al., 2001). Desse modo, foram difundidas soluções técnicas de drenagem “contra” a dinâmica natural da água, desenvolvidas no campo da engenharia hidráulica, como a construção de redes subterrâneas, que lançam a água das chuvas para os corpos d’água receptores, a canalização e retificação do sistema fluvial, entre outros (MIGUEZ et al., 2016).

A implementação dessas soluções, que se mostram, em um primeiro momento, adequadas do ponto de vista sanitário, não possibilitam a realização dos processos e dinâmicas inerentes à água e são incapazes de sanar as demandas urbanas (CHOCAT et al., 2001 apud CHOCAT et al., 1999) – sobretudo em contextos que apresentam tendências de crescimento demográfico e de expansão da urbanização. O aumento das vazões geradas impulsiona intervenções na rede de drenagem urbana para a readequação da sua capacidade hidráulica, medida que, com o decorrer do tempo, pode se tornar inviável devido às limitações inerentes a mesma ou ao contexto no qual está inserida (MIGUEZ et al., 2016). Desse modo, conforme ressaltado por Risério (2014), “o que importa dizer é que o modelo predatório de desenvolvimento, produzindo desastres, nos fez reabrir os olhos para o doce mistério das águas. E agora elas nos levam a repensar o sentido e a forma da aventura urbana da humanidade.”

1.2. Perspectivas contemporâneas de manejo sustentável das águas pluviais

Uma análise na literatura, sobretudo internacional, sobre a abordagem da água em contextos urbanos revela transformações ocorridas nas práticas de drenagem urbana a partir do final da década de 1960, no sentido da sensibilização do contexto urbano em relação as dinâmicas e aos processos hídricos. Essa tendência é impulsionada, na década de 1980 – com o foco mais abrangente no desenvolvimento sustentável –, em resposta à compreensão dos impactos



gerados pelas infraestruturas de drenagem urbana tradicionais, à aceitação da abordagem ecossistêmica na gestão dos recursos hídricos e à abordagem integrada dos sistemas de drenagem urbana e das águas residuais. (CARMON, 2010; CHOCAT et al., 2001)

A partir de então, surgem novos princípios e práticas de tratamento integrado das águas pluviais em diversos países – o que deu origem a uma série de terminologias impulsionadas pelas perspectivas de contextos específicos (CARMON, 2010; CHOCAT et al., 2001; FLETCHER et al., 2015). Brown et al. (2009) ressaltam que, embora os desafios relativos à sensibilidade à água variem de acordo com as particularidades de cada local, o ponto de partida para alcançar uma gestão holística e sustentável da água é o mesmo. Ao se tratar de países do sul global, vislumbrar a transição para uma “cidade sensível à água” (do inglês, “*Water Sensitive City*”) implica na busca por mudanças sistemáticas na lógica operante, de forma a romper com a otimização de práticas insustentáveis com potencial limitado.

Tendo isso em vista, pretende-se explorar aqui a aplicação de princípios de projeto que, apesar de terem a elaboração atrelada a outras localidades, sejam passíveis de adaptação às demandas observadas no cenário das cidades brasileiras. De modo geral, tratam-se de abordagens que propõem a integração dos sistemas biofísicos ao desenvolvimento urbano, a partir da adoção de medidas, estruturais e não-estruturais, que tenham como foco o meio suporte pré-existente e as dinâmicas do ciclo hidrológico. Nesse sentido, pode-se citar, entre outros, o “Desenho Urbano Sensível à Água”¹ – do inglês, “*Water Sensitive Urban Design*” (WSUD) –, que inclui princípios e conceitos do “Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis” – do inglês, “*Sustainable Urban Drainage Systems*” (SUDS).

A integração de abordagens alternativas ao tratamento das águas pluviais urbanas, sugere relações mais harmoniosas entre o processo de urbanização e as intervenções no sistema biofísico, e se coloca como uma importante contribuição para a promoção da realização dos processos e dinâmicas da água e, consequentemente, para a redução da vulnerabilidade aos riscos associados às cheias e ao aumento da resiliência. No âmbito das propostas de drenar de forma sustentável as águas superficiais, minimizando a geração e a transferência de escoamentos e gerenciando o impacto na qualidade da água local a partir da redução de poluentes, os espaços livres adquirem um papel chave.

1.3. Potencial dos espaços livres urbanos no manejo sustentável das águas pluviais

Os espaços livres são considerados aqui, como as partes do tecido urbano não ocupadas por edificações, como: ruas, avenidas, parques, praças, largos, jardins, canteiros, rios, praias, entre outros. De acordo com Tardin (2008), são espaços que estabelecem em si uma rede de inter-relações entre processos e elementos bióticos e abióticos, em distintas escalas e

¹ Trata-se de uma abordagem conceitual para o gerenciamento sustentável das águas urbanas – considerado de forma conjunta todo o ciclo da água urbana, incluindo o abastecimento de água potável, o gerenciamento de águas residuais e o gerenciamento de águas subterrâneas ou superficiais, em diferentes escalas (FLETCHER et al., 2014).



temporalidades, e que podem denotar importante valor ecossistêmico. Podem estar atrelados, também, a atributos cênicos, socioculturais, e a dinâmicas urbanas que acrescentam valores e significados à paisagem.

A degradação da paisagem – bem como a tentativa de redução das relações e processos no contexto urbano a um elemento isolado (CULLEN, 1971) – significa perda de recursos e, acima de tudo, perda de qualidade de vida. Assim, a compreensão dos elementos e processos – relativos tanto às dinâmicas biofísicas quanto às dinâmicas humanas – que compõem a paisagem, e das suas temporalidades, se torna condição primordial para orientação de ações nesta. Tal abordagem possibilita que os espaços livres com valores ecossistêmicos sejam reconhecidos, o que permite a identificação da adequação ou não de determinados espaços para a construção, assim como restrições de certas atividades e usos do solo de acordo com as dinâmicas biofísicas. Desse modo, é possível potencializar a realização de processos naturais inerentes ao meio que sejam importantes de serem conservados e, consequentemente, o desenvolvimento de infraestruturas urbanas mais sustentáveis (TARDIN, 2008).

Nesse viés, noções alternativas para o manejo sustentável das águas pluviais devem estar relacionadas com a convivência em meio urbano com esses processos e dinâmicas. Assim, torna-se necessário conceder espaço, de modo a resguardar e a acomodar o movimento dos fluxos hídricos, inclusive nos períodos de cheia (LIAO, 2012). Ao se tratar de territórios intensamente alterados pela ação humana, deve-se preconizar, sempre que possível, a recuperação das funções hidrológicas desses espaços, de forma a reverter os efeitos nocivos introduzidos pela própria urbanização.

2. METODOLOGIA

Metodologicamente, este estudo segue os seguintes passos:

- Utilização de estudo anterior de levantamento e análise da ocorrência de cheias em Arraial do Cabo, de modo a reconhecer os espaços afetados e os pontos mais críticos através do Modelo de Células de Escoamento (MODCEL)². A representação da paisagem urbana de forma integrada aos processos hidrológicos, através do MODCEL, resulta na espacialização dos padrões de escoamentos superficiais. Dessa forma, como resultado da modelagem, obtém-se a mancha de alagamento da bacia hidrográfica em estudo, o que pode oferecer suporte às decisões de projeto da paisagem;

² “O MODCEL é uma ferramenta com vocação para a representação da paisagem urbana, que integra os processos hidrológicos, observados em cada célula, com um modelo hidrodinâmico, em uma representação espacial que liga o escoamento de superfície, de canais e o de galerias de drenagem. É quasi-2D baseado no conceito de células de escoamento (ZANOBETTI et al., 1970) no qual o território é representado por um conjunto de compartimentos que integram toda a área da bacia, interconectados por leis hidráulicas unidimensionais.” (MIGUEZ et al., 2018, p.250).



- Reconhecimento dos espaços livres públicos existentes – consideram-se aqueles de caráter de permanência e de circulação – e análise do papel que podem assumir em relação às dinâmicas hidrológicas locais. O mapeamento dos espaços livres locais foi realizado com a utilização de ortofotos, feitas com o auxílio de um drone, que posteriormente foram cartografadas³. Em seguida, através do cruzamento entre os espaços livres identificados e os dados obtidos no modelo hidrodinâmico, foi possível identificar os espaços livres que estão diretamente relacionados às manchas de alagamento mais significativas, os quais apresentam potencial para reduzir os efeitos das cheias através da aplicação de princípios de projeto que colaborem na minimização dos riscos associados às mesmas;
- Visitas a campo para o reconhecimento dos espaços livres identificados *in loco*, com o registro de atributos formais e espaciais, através da elaboração de mapas de observação, fotografias e vídeos;
- Identificação de princípios de projeto para os espaços livres públicos que viabilizem as dinâmicas das águas pluviais de acordo com um manejo integrado, realizada através de revisão bibliográfica sobre o tema;
- Proposição de possíveis aplicações práticas de tais princípios no contexto em análise, através da identificação dos atributos formais e espaciais dos espaços livres e da possibilidade de atuação nesses de modo a minimizar os efeitos das cheias.

3. ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso se apresenta o município brasileiro de Arraial do Cabo, localizado na mesorregião das Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro, na microrregião dos Lagos (figura 1); mais especificamente, adotou-se o território compreendido pelas microbacias hidrográficas da Prainha, Praia Grande e Praia dos Anjos.

³ Para tanto, foi utilizado o drone *Phantom 4 advanced* registrado como (PR-789456126) e o software *Pix4d* – responsável pela captura das imagens e criação das ortofotos georreferenciadas. Definiu-se a altitude do sobrevoo de 200 metros – o que resultou em um pixel de 5.45cm – e o sistema de coordenadas WGS 84.

Figura 1: Situação do município de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, em relação à América do Sul.



Fonte: IBGE. Modificado por: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017).

Arraial do Cabo apresenta limites com o Oceano Atlântico e com os municípios de Araruama, Iguaba Grande (Lagoa de Araruama), São Pedro da Aldeia (Lagoa de Araruama) e Cabo Frio. Possui território com área total de 156,6 Km², dividido nas regiões administrativas de Arraial do Cabo (distrito sede) e nos distritos de Monte Alto e Figueira. De acordo com censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a população total do município era de 27.715 habitantes.

Trata-se de um território costeiro que possui relação com a água na gênese da sua paisagem e com as suas principais atividades econômicas ao longo do tempo – exploração de sal, da pesca e do turismo. Apresenta atributos biofísicos abundantes e característicos, em função da interação de diversos processos climáticos, geológicos, geomorfológicos e ecológicos (BOHRER et al., 2009). A drenagem é realizada pelo sistema de brejos e lagoas – que se estende pela sua paisagem com a ausência de cursos d’água. Somam-se, ainda, os sistemas de drenagem das ruas – que direciona parte do volume das águas para o oceano –, e os sistemas de drenagem de tempo seco e separador – responsáveis pela captação e condução dos esgotos sanitários e das águas pluviais ocasionais.

Apesar da importância atrelada à regulação das dinâmicas hidrológicas locais, além da alta produtividade biológica, esses ambientes inundáveis (brejos e lagoas) – característicos da Região Hidrográfica da Lagoa de Araruama e do Cabo Frio, na qual se insere em totalidade o município de Arraial do Cabo – encontram-se bastante alterados devido a ações antrópicas – refletidas em obras de aterros, retificações, canalizações, entre outros. Essas transformações se tornam visíveis nas imagens a seguir, em que é possível verificar a Lagoa da Prainha (figura 2) localizada nos limites do Parque Público Prefeito Hermes Barcellos, no bairro Prainha, que apresenta, atualmente, bordas bem definidas e conexão à praia por comportas. A Lagoa recebe parte dos esgotos do sistema de drenagem urbana, com o funcionamento similar a uma bacia de



retenção. Nos dias de maior precipitação, sobretudo quando há alagamentos na região, as comportas são abertas e a água retida é direcionada diretamente para a praia.

Figura 2: Lagoa da Prainha, no Parque Público Prefeito Hermes Barcellos.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2019 .

As características geomorfológicas do sítio em que se insere o município restringem com rigor os sentidos de expansão urbana, que se concentra nas áreas mais planas. Apesar de apresentar baixo índice pluviométrico anual, caracterizado pelo elevado déficit hídrico da região (BOHRER et al., 2009), cerca de 800mm/ano, observa-se a intensificação da ocorrência de alagamentos no município nos últimos anos, sobretudo na área mais urbanizada do distrito sede, assim como os danos decorrentes desses eventos.

O processo de substituição da cobertura vegetal para a obtenção de áreas para urbanização, junto com a intensificação da impermeabilização do solo e a ocupação de áreas potencialmente alagáveis, implica em diversos efeitos no ciclo hidrológico urbano. Em Arraial do Cabo, é possível verificar esses impactos tanto no que se refere à ocupação de áreas de declividade acentuada quanto na supressão de áreas naturalmente alagáveis com aterros e excessiva impermeabilização. A figura 3 se refere ao “Morro da Cabocla” – como é popularmente conhecido –, no bairro da Prainha, no período de ocorrência de chuvas entre 16 a 18 de maio de 2019, em que fica evidente o processo erosivo do solo exposto, reflexo, entre outros, do escoamento superficial das águas pluviais. Ao encontrar-se nas áreas com menor declividade, em maior volume e menor intervalo de tempo, os escoamentos geram acumulação hídrica e de sedimentos – conforme podemos observar na interseção da Av. Governador Leonel de Moura Brizola com a Rua Benjamin Constant (figura 4).

De modo geral, observa-se em Arraial do Cabo uma tendência de expansão urbana que contribui, entre outros, para o aumento dos escoamentos superficiais e consequentes picos de cheia, e para a diminuição de áreas naturais de retenção hídrica, o que compromete a plena realização das dinâmicas biofísicas locais e concorre para o agravamento dos riscos socioambientais relativos aos alagamentos.



Figura 3: Ocorrência de deslizamentos de solo e queda de muros no bairro Prainha, após chuva intensa.



Foto: Laila Hallack/Inter TV. Disponível em: <<http://expressocampista.com/prefeitura-de-arraial-do-cabo-decreta-estado-de-calamidade-publica-por-conta-da-forte-chuva-geral>>. Acesso em: agosto de 2019.

Figura 4: Alagamento próximo à Av. Gov. Leonel de Moura Brizola com a Rua Benjamin Constant.

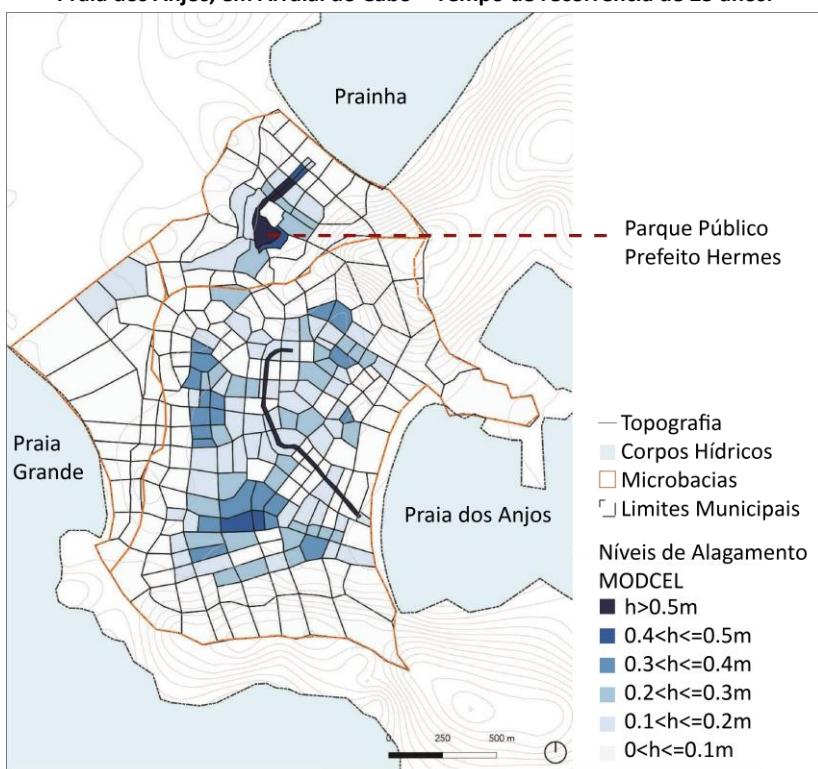


Foto: Divulgação. Disponível em: <osaogoncalo.com.br/cidades/59303/der-libera-rodovia-de-acesso-a-arraial-do-cabo-apos-deslizamentos-de-terra>. Acesso em: agosto de 2019.

3.1. Águas pluviais e cheias em Arraial do Cabo

O mapa da figura 5 se refere a representação gráfica da mancha de alagamento para a situação atual das microbacias hidrográficas da Prainha, Praia Grande e Praia dos Anjos e o comportamento dos sistemas de drenagem urbana em suas condições atuais, com a intensidade de precipitação máxima associada a 25 anos (evento meteorológico de projeto). O modelo matemático hidrodinâmico foi elaborado no MODCEL, em um primeiro momento, por Fandiño (2018), e posteriormente foi aprimorado pela equipe do Laboratório de Hidráulica Computacional (LHC/COPPE/UFRJ).

Figura 5: Mapa com níveis máximos de alagamento nas microbacias hidrográficas da Prainha, Praia Grande e Praia dos Anjos, em Arraial do Cabo – Tempo de recorrência de 25 anos.



Fonte: Fandiño, 2018. Modificado por: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017).

A modelagem indica alagamentos mais críticos no Parque Público Prefeito Hermes Barcellos, na Prainha, e no seu entorno próximo, sobretudo na Av. Dorilo Vasconcelos e na Rua José Pinto de Macedo; na Av. Getúlio Vargas; na Rua Vera Cruz, no bairro Sítio; na Rua São Francisco de Assis, no bairro Macedônia, sobretudo na sua interseção com a Rua Almirante Tamandaré.

Os locais que apresentam lâminas d'água mais acentuadas e, por definição adotada neste trabalho de modo simplificado, maiores riscos associados às cheias, se referem a espaços naturalmente alagadiços. No caso do Parque Público e suas imediações, a Lagoa da Prainha possui papel fundamental para a realização das dinâmicas hidrológicas da microbacia como um todo – no entanto, encontra-se intensamente degradada (espacialmente e funcionalmente) em função das modificações antrópicas sofridas. Enquanto as demais avenidas e ruas supracitadas se relacionam a espaços de recebimento dos fluxos de escoamento das águas pluviais das áreas de declividade mais acentuada, sobretudo dos morros do Forno e do Pontal do Atalaia.

Os resultados obtidos pelo processo de modelagem reforçam a fragilidade e a degradação da paisagem urbana de Arraial do Cabo, impulsionadas pelos alagamentos, o que aponta para a necessidade de se encontrar maneiras alternativas de viabilizar as dinâmicas hidrológicas locais em sinergia com o contexto urbano; sobretudo, a partir da recuperação, sempre que possível, e da preservação dos espaços necessários à realização de tais dinâmicas.



4. RESULTADOS

4.1 Sistemas de espaços livres e cheias em Arroial do Cabo

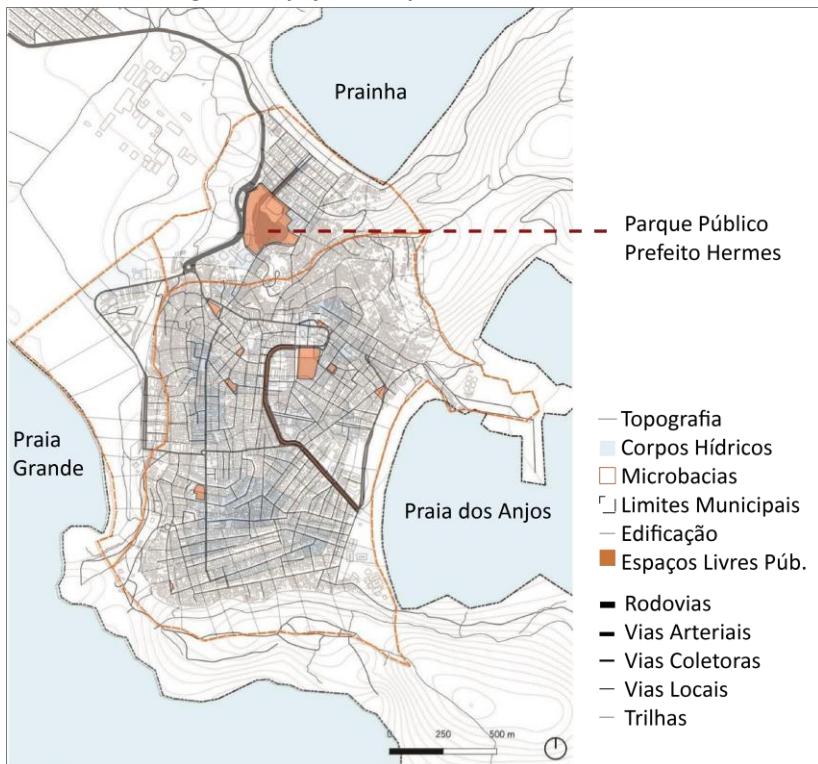
Ao avaliarmos as marcas de alagamento urbano em suas condições atuais junto aos espaços livres públicos existentes nos limites das microbacias em questão (figura 6), é possível perceber o caráter chave atrelado ao Parque Público Prefeito Hermes Barcellos para realização das dinâmicas hidrológicas da microbacia da Praia da Prainha.

A microbacia da Praia Grande não apresenta riscos em relação às dinâmicas hidrológicas. Enquanto a microbacia da Praia dos Anjos – palco das demais ocorrências de alagamento e também das maiores taxas de ocupação e impermeabilização do solo – apresenta os maiores desafios em relação à drenagem urbana, com a carência de espaços livres públicos suficientes para acomodar às dinâmicas da água diretamente nos locais.

Nesse contexto, destaca-se o potencial da Praça da Independência para minimizar as lâminas de alagamento tanto da microbacia da Praia da Prainha quanto da microbacia da Praia dos Anjos, visto que se localiza próxima aos limites das microbacias, com altitude mais elevada que a média do município e inclinações que produzem escoamentos para o bairro da Prainha e para a Av. Getúlio Vargas.

A Praça Manoel Duarte, localizada no bairro Sítio, é apontada como potencial para minimização dos alagamentos na Rua Vera Cruz – que apresenta extremidades mais elevadas e centro com cotas mais baixas, produzindo maiores níveis de acumulação hídrica. A Praça Olívia Coelho Vidal, localizada na interseção da Rua Washington Luís com a Rua Olívia Coelho Vidal, apresenta potencial para acomodação de parte da água que escoa pela Rua Washington Luís, com origem na parte elevada da Rua Dom Pedro I em direção à Av. Getúlio Vargas. A Praça José Vieira de Macedo denota potencialidade similar. Parte dessa vazão tem origem no morro do Atalaia, que escoa ao longo da Rua Epitácio Pessoa até sua interseção com a Av. Getúlio Vargas, ponto em o volume de água é distribuído entre a avenida e a Rua Carlos Gomes, que produz escoamento para Av. da Liberdade.

Figura 6: Espaços livres públicos, Arraial do Cabo.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017).

A Praça do Adolpho, localizada na Av. Getúlio Vargas entre as ruas Fernando Lee e Pastor Paulo Manhard, não apresenta ocorrência de alagamento, mas pode contribuir, de acordo com Fandiño (2018), na redução da vazão circulante proveniente do Pontal do Atalaia com rebatimento tanto na própria Av. Getúlio Vargas quanto no bairro Macedônia

4.2 Atributos formais e espaciais dos espaços livres mais significativos para contribuir na redução de riscos associados às cheias

A seguir são caracterizados os espaços livres urbanos identificados como mais significativos para contribuir na redução de riscos associados às cheias em Arraial do Cabo, de modo a compreender a atual condição que se encontram e, consequentemente, como poderiam ser tratados para potencializar a realização das dinâmicas hidrológicas locais.

- Parque Público Prefeito Hermes Barcellos (figura 7) – localizado entre as ruas Projetada, José Pinto de Macedo, Tv. João José de Andrade, e a Rodovia RJ-120, no bairro Painha. No perímetro do parque está inserida a Lagoa da Painha, com limites rígidos e água esverdeada em função do recebimento de esgotos. Apresenta pavimentação com trechos em grama, em terra batida, e com revestimento impermeável. No geral, apresenta pouca vegetação.



Figura 7: Parque Público Prefeito Hermes Barcellos.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- Praça da Independência (figura 8) – localizada na Rua Dom Pedro I com a Av. Getúlio Vargas, no Centro, entre os limites das microbacias da Prainha e Praia dos Anjos. Apresenta pavimentação com baixa permeabilidade (piso intertravado), arborização esparsa com pequenas golas, e canteiros gramados com vegetação arbustiva.

Figura 8: Praça da Independência.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- Praça Manoel Duarte (figura 9) – localizada no bairro Sítio, próximo a uma das ladeiras que dá acesso ao “Morro da Cabocla”. Apresenta formato triangular, cercada por ruas de caráter local e entorno predominantemente residencial. A praça abriga um parquinho infantil de madeira, cercado por bancos de concreto, pavimentação com baixa permeabilidade e pouca vegetação.

Figura 9: Praça Manoel Duarte.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- Praça Olívia Coelho Vidal (figura 10 e figura 11) – localizada na interseção da Rua Washington Luís com a Rua Olívia Coelho Vidal, no Centro, em um contexto majoritariamente residencial, com alguns equipamentos de serviço e comércio. Apresenta pouca arborização, alguns canteiros com flores, e pavimentação com revestimentos impermeáveis e, ou, com baixa permeabilidade.

Figura 10 e Figura 11: Praça Olívia Coelho Vidal.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- Praça José Vieira de Macedo (figura 12) – localizada no Centro, com entorno majoritariamente residencial. A praça possui concentração significativa de arborização, e amplos canteiros gramados com vegetações arbustivas. As faixas de circulação são revestidas em pedra, com baixa permeabilidade.

Figura 12: Praça José Vieira de Macedo.



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- Praça Martiniano Teixeira (figura 13) – localizada na Av. Getúlio Vargas, entre as ruas Fernando Lee e Pastor Paulo Manhard, no bairro Praia Grande. Abriga o acesso à Escola Municipal Adolpho Beranger Júnior, por isso é conhecida como Praça do Adolpho, ou praça do colégio. A praça possui equipamentos de lazer e áreas de estar arborizadas, que se localizam em diferentes áreas da praça.

Figura 13: Praça Martiniano Teixeira (Praça do Adolpho).



Fonte: Equipe Projeto Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (Tardin, 2017). Data: julho de 2018

- No geral, as ruas de caráter local são estreitas e asfaltadas, com calçadas também estreitas, com estrangulamentos e obstáculos pelo percurso. Nas ruas Vera Cruz, Washington Luís, Olívia Coelho Vidal é quase inexistente a presença de arborização urbana. Enquanto as ruas Fernando Lee e Pastor Paulo Manhard, são um pouco mais arborizadas. A Av. Getúlio Vargas e as ruas Dom Pedro I, Carlos Gomes e Epitácio Pessoa apresentam vias mais largas, com pavimentação asfáltica, e pouca arborização. A Av. da Liberdade é a mais ampla em largura, com canteiro central sobre um canal de drenagem



urbana – que teve sua cobertura gramada substituída por piso intertravado, e apresenta coqueiros como vegetação predominante.

4.3 Princípios de atuação nos espaços livres públicos e possíveis aplicações práticas

Diante dos resultados apresentados nas subseções anteriores, se mostra necessária a readequação dos espaços livres públicos para a acomodação das dinâmicas hidrológicas locais – sobretudo por se tratar de um contexto urbano intensamente modificado.

Assim, aponta-se a necessidade de explorar ao máximo o potencial dos espaços livres públicos existentes em possibilitar a realização dos processos inerentes ao ciclo hidrológico a partir do desenho urbano, de modo a abrigar volumes para o amortecimento das vazões que escoam superficialmente e nas redes, como também aumentar as possibilidades de infiltração da água diretamente no local – medida complementar que tem potencial de contribuição para a redução da geração de escoamentos superficiais. Para tanto, devem ser previstas estratégias de projeto em consonância com os princípios do “Desenho Urbano Sensível à Água”, como: a recuperação dos corpos hídricos existentes e a criação de alagados, contribuindo para a regulação hídrica das microbacias; o uso de tanques que possibilitam o armazenamento temporário da água na fonte e o uso posterior para irrigação; a implementação de jardins de chuvas e outros sistemas de biorretenção junto às avenidas e ruas, para os quais é direcionado maior volume de água da chuva e que possibilitam o seu funcionamento tanto em períodos de cheia quanto de seca; o incentivo à substituição da pavimentação impermeável por pavimentos permeáveis e, ou, por áreas vegetadas para minimizar o escoamento do volume hídrico para o sistema viário; o fomento de arborização urbana; entre outros.

Considera-se importante ressaltar que tais propostas promovem além da realização das dinâmicas hidrológicas, a visualização dos processos inerentes à essa, contribuindo para a conscientização da importância da água enquanto suporte à vida.

5. CONCLUSÃO

Buscou-se com este estudo, desenvolver uma reflexão acerca das dinâmicas das águas pluviais e dos seus espaços livres públicos enquanto lugares potenciais para a realização dos processos inerentes às dinâmicas hidrológicas, cujos desenhos baseados em princípios para a minimização dos riscos de alagamentos podem contribuir no manejo dos mesmos.

A partir das análises realizadas, foi possível verificar as principais manchas de alagamento da cidade de Arraial do Cabo e o papel potencial que os espaços livres públicos existentes poderiam desempenhar para acomodar tais dinâmicas hidrológicas. Contribuindo, portanto, com um exercício de reflexão sobre a paisagem urbana local a partir de uma lógica de atuação alternativa à operante, ainda amplamente difundida – em que as dinâmicas e processos inerentes ao meio suporte da urbanização são reduzidas ou mesmo desconsideradas na construção urbana,

acarretando em danos diversos, tanto para importantes ecossistemas quanto para o próprio ser humano.

A partir disso, procurou-se ressaltar a importância da aplicação de princípios de desenho para os espaços livres públicos sensíveis à preservação e à valorização das dinâmicas da água em contextos urbanos, sobretudo em uma cidade latino-americana que apresenta ocupação urbana que favorece o agravamento dos riscos relativos às cheias.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio da concessão de bolsa de estudos e do suporte às atividades acadêmicas do Programa de Pós-graduação em Urbanismo (PROURB/UFRJ). Agradecimento aos discentes – bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFRJ) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Programa Institucional de Fomento Único de Ações de Extensão (PROFAEX/UFRJ) –, aos docentes, e aos voluntários integrantes do Projeto de Extensão “Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1]”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANDIÑO, M. **Drenagem urbana em Arraial do Cabo**: a modelagem hidráulica como ferramenta na tomada de decisões. 2018. 174 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- BROWN, R.; KEATH, N.; WONG, T. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. In: **Water Science & Technology**, 59.5, 2009. p. 847-855.
- BOHRER, C.; DANTAS, H.; CRONEMBERGER, F.; VICENS, R.; ANDRADE, S. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 60(1), 2009. p. 1–23.
- CARMON, N.; SHAMIR, U. (2009) Water-sensitive planning: integrating water considerations into urban and regional planning. In: **Water and Environment Journal**, 24, 2010. p.181-191.
- CHOCAT, B.; KREBS, P.; MARSALEK, J.; RAUCH, W.; SCHILLING, W. Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management. In: **Water Science and Technology**, 2001, 43(5). p. 61–68.
- CULLEN, G. (1971). **Paisagem Urbana**. Coimbra: Edições 70, 2008.
- DER libera rodovia de acesso à Arraial do Cabo após deslizamentos de terra. Disponível em: <osaogoncalo.com.br/cidades/59303/der-libera-rodovia-de-acesso-a-arraial-do-cabo-apos-deslizamentos-de-terra>. Acesso em: agosto de 2019.
- FLETCHER, T.; SHUSTER, W.; HUNT, W.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. In: **Urban Water Journal**, 12:7, 2015. p.525-542.
- HOUGH, M. (1995). **Naturaleza y Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. Cap. 1-2. p. 5-96.
- JHA, A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cities and Flooding**. A guide to Integrated Urban Flood Risk Management for 21st Century. Washington, D.C, The World Bank, 2012.
- KIRBY, A. **SuDS – Innovation or a Tried and Tested Practice?** Institution of Civil Engineers: Proceedings of the ICE – Municipal Engineer, Vol. 158, Issue, 2, 01 June 2005. p.115-122



LIAO, K. A Theory on Urban Resilience to Floods – A Basis for Alternative Planning Practices. In: **Ecology and Society**.

v.17 (4):48, 2012. s/p

MCHARG, I. (1969). **Design with Nature**. New York: John Wiley & Sons, 1992.

MIGUEZ, M.; VERÓL, A.; REZENDE, O. **Drenagem Urbana**: do projeto tradicional à sustentabilidade. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MIGUEZ, M.; BATTEMARCO, B.; SOUSA, M.; REZENDE, O.; VERÓL, A.; GUSMAROLI, A. Urban Flood Simulation Using MODCEL-An Alternative Quasi-2D Conceptual Model. In: **Water**, Vol. 9, 2017. p. 445.

MIGUEZ, M.; DI GREGORIO, L.; VERÓL, A. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

Prefeitura de Arraial do Cabo decreta estado de calamidade pública por conta da forte chuva. Disponível em: <<http://expressocampista.com/prefeitura-de-arraial-do-cabo-decreta-estado-de-calamidade-publica-por-conta-da-forte-chuva-geral>>. Acesso em: agosto de 2019.

RISÉRIO, A. A cidade e as águas. In: REISEWITZ, Caio. **Águas escondidas**. 1. Ed. – São Paulo: Bei Comunicação, 2014.

SPIRN, A. (1984). **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

TARDIN, R. **Espaços livres**: sistema e projeto territorial. Rio de Janeiro: 7Letras, 2008.

TARDIN, R. Landscape and Urban Planning: A Systemic Approach. In: AMADO, Miguel P. (Ed.). **Urban Planning: Practices, Challenges and Benefits**. Nova Science Publishers, Inc., 2014. p. 33- 48.

TARDIN, Raquel (Coord.). **Projeto de Extensão**: Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário. Programa de Pós-Graduação em Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.