

# O USO DE INFRAESTRUTURAS VERDE E AZUL NA REVITALIZAÇÃO URBANA E NA MELHORIA DO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS: O CASO DA SUB-BACIA DO RIO COMPRIDO

## THE USE OF GREEN AND BLUE INFRASTRUCTURE FOR URBAN REVITALIZATION AND TO IMPROVE MANAGEMENT OF RAINWATER: THE CASE OF THE COMPRIDO RIVER SUB-BASIN

*Luciana Fernandes Guimarães*  
*Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira*  
*Lays de Freitas Veríssimo*  
*Mylenna Linares Merlo*  
*Aline Pires Veról*

75

### RESUMO

A expansão das áreas urbanas e a pressão sobre o uso do solo alteraram as funções ecológicas e ecossistêmicas do ambiente. Estratégias de adaptação como as infraestruturas verde e azul podem reduzir os efeitos negativos das ações antrópicas, além de proporcionarem benefícios para a saúde e qualidade de vida da população. Essas estratégias podem destacar-se como alternativas mais sustentáveis, econômicas, multifuncionais e flexíveis em comparação com as soluções tradicionais. Dentre as diversas funções que as infraestruturas verde e azul podem assumir, o trabalho pretende destacar a capacidade de diminuição do risco hidráulico aliada à promoção da revitalização do ambiente urbano, por meio da implantação de parques urbanos, recomposição da vegetação e interligação de áreas verdes às novas áreas de lazer. Para o desenvolvimento dessa análise, foram propostas intervenções na sub-bacia do Rio Comprido,

no Rio de Janeiro, considerando o rio como elemento estruturador da paisagem. Essas intervenções foram simuladas através de um modelo matemático, denominado MODCEL, que permite estimar as alturas de inundação nos cenários atual e de projeto. Como resultado, observa-se que, apesar dos limitados espaços livres, a multifuncionalidade das infraestruturas verde e azul introduz diversas melhorias para a sociedade.

Palavras-chave: Infraestruturas verde e azul. Revitalização urbana. Multifuncionalidade. Drenagem urbana. Rio Comprido.

### ABSTRACT

The expansion of urban areas and the pressure on land use have changed the ecological and ecosystemic functions of the environment. Adaptive strategies such as the establishment of green and blue infrastructure

can reduce the adverse effects of anthropic actions, as well as provide health and quality of life benefits to the population. These strategies are more sustainable, economical, multifunctional and flexible alternatives than traditional solutions. Among the various functions that green and blue infrastructure can assume, this work highlights the capacity for reducing the hydraulic risk allied to revitalization of the urban environment, through the establishment of urban parks, restoration of vegetation and interconnection of green areas with new leisure areas. For this analysis, interventions were proposed in the Comprido River sub

-basin, in the city of Rio de Janeiro, considering the river as a structuring element of the landscape. These interventions were simulated through a mathematical model called MODCEL, which allows estimating flood heights in current and design scenarios. As a result, the authors observed that despite the limited open spaces, the multifunctionality of the green and blue infrastructure introduces several improvements for society.

Keywords: Green and blue infrastructure; Urban revitalization; Multifunctionality; Urban drainage; Comprido River.

## 1. INTRODUÇÃO

76 As atividades humanas introduzem alterações no padrão de uso e ocupação do solo, que podem modificar a qualidade do ambiente, tanto natural quanto construído (MIGUEZ *et al.*, 2016). A urbanização é uma das ações antrópicas que gera os maiores impactos ambientais, em função da remoção da cobertura vegetal original, do aumento da impermeabilização, da introdução de obras de canalização e da ocupação das margens dos rios.

Basicamente, a cidade é composta por quatro grandes sistemas: (1) a infraestrutura azul, que corresponde aos canais, rios, lagos, lagoas e outros recursos hídricos; (2) a infraestrutura verde, com parques e áreas naturais; (3) a infraestrutura cinza, que corresponde às rodovias, linhas de tráfego e áreas de estacionamento; e (4) a infraestrutura vermelha, composta pelas edificações (POTZ, 2016 *apud* ZHANG, 2017, p. 23)

As cidades compactas, usualmente definidas como cidades de uso misto com densidades urbanas relativamente altas e baseadas em sistemas de transporte públicos eficientes e com dimensões que incentivam a caminhada e o ciclismo, são ideais para aumentar a sustentabilidade e promover os usos múltiplos (BURTON, 2000).

As cidades podem ser mais compactas e proporcionar alta qualidade de vida através de espaços verdes públicos multifuncionais, bem planejados e de fácil acesso (AHERN, 2009) sejam eles em escala de parques ou grandes áreas de preservação ambiental. Os espaços verdes e outras áreas públicas, além de serem fundamentais para alcançar qualidade de vida e sustentabilidade em cidades compactas (RAMASWAMI *et al.*, 2016), também podem ser interessantes no processo de controle de cheias urbanas.

O conceito de drenagem, cujo foco era voltado para saúde pública durante a fase conhecida como higienista, evoluiu para a fase atual com o objetivo de estabelecer a consciência ecológica e o desenvolvimento de novas tecnologias, visando o desenvolvimento sustentável (MIGUEZ e DE MAGALHÃES, 2010). Pode-se observar essa evolução através da substituição de medidas concentradas na condução da água por outras, que buscam recuperar as alterações introduzidas pela urbanização (FLETCHER *et al.*, 2015). Inicialmente, foram adotadas medidas de infiltração e armazenagem com o intuito de imitar a hidrologia natural. Mais recentemente, esse conceito se expandiu, na busca da integração da drenagem com a cidade, agregando valor a esta e gerando oportunidades de incremento de biodiversidade, em um conceito

conhecido como Cidade Sensível à Água, com a sigla, do inglês, WSUD (*Water Sensitive Urban Design*).

Há um grande potencial de solução quando se passa a observar os espaços livres como um sistema multifuncional capaz de trabalhar tanto para o manejo de águas pluviais, oferecendo um volume de armazenamento para o sistema de drenagem, quanto como espaços de lazer e recreação para a população. Assim, podem ser previstos reservatórios de detenção, que diminuem os picos de vazão nos eventos extremos, ou de retenção, com lagos permanentes que, além de aumentarem as oportunidades de infiltração, retirando parte da água do sistema e devolvendo aos reservatórios do solo, oferecem a possibilidade de melhoria na qualidade da água.

A infraestrutura verde pode ser definida como uma rede interconectada de espaços verdes que conservam os valores e as funções dos ecossistemas naturais e que fornecem benefícios à população local (BENEDICT e MCMAHON, 2002). É um conceito em ascensão, baseado em princípios que prezam o uso de paisagens multifuncionais e a conectividade dos sistemas (HERZOG, 2016). A multifuncionalidade é fundamental para o desenvolvimento de áreas verdes no espaço limitado das cidades, pois considera que as estruturas podem fornecer múltiplos benefícios ao mesmo tempo (HANSEN *et al.*, 2017), integrando funções diversas como paisagismo, lazer, valorização ambiental e controle de cheias (MIGUEZ *et al.*, 2016).

A infraestrutura verde pode ser um fator-chave para a resiliência dos ambientes urbanos, a fim de enfrentar os impactos das mudanças climáticas (HERZOG, 2016). Além disso, áreas verdes são essenciais para a biodiversidade e para os processos naturais, não apenas por suas vantagens ecológicas, mas também por seus benefícios educacionais, emocionais e recreativos (BEATLEY, 2017; MULLER e WERNER, 2010).

A infraestrutura azul pode ser entendida como o sistema de águas urbanas, que pode integrar-se às áreas verdes da cidade com o objetivo de recriar um ciclo de água naturalmente orientado. Em relação ao aproveitamento da infraestrutura azul,

destaca-se a cidade de Paris como metrópole fluvial, exemplo de urbanização utilizando o sistema fluvial como alicerce (IKEDA, 2016). Através da estruturação dos corpos d'água, foi possível conciliar as demandas naturais do ciclo hidrológico e, também, as sociais. O principal eixo da infraestrutura azul da cidade, o Rio Sena, que provocou inundações catastróficas e era receptor de grande parte de efluentes domésticos e industriais, hoje é um dos principais ativos da cidade.

Perini e Sabbion (2017) afirmam que o termo “infraestrutura verde-azul” é usado para nomear todas as estratégias que objetivam o aumento da resiliência urbana com relação às mudanças climáticas, melhorando as capacidades de adaptação e mitigação dessas anomalias nas cidades. Voskamp e Van de Ven (2015) apontam que alguns dos benefícios da infraestrutura verde-azul são a melhoria do regime de balanço hídrico e a suavização do pico de escoamento das águas pluviais, que reduzem a erosão do solo e aumentam a qualidade da água. Zhang (2017) destaca que o controle da quantidade de água no escoamento permite o gerenciamento do risco de inundação, pois auxilia na manutenção e proteção do ciclo natural da água, além de reabastecer os aquíferos subterrâneos.

Observa-se que os conceitos de infraestruturas verdes e azuis, paisagens multifuncionais e sistemas de espaços livres vêm ganhando espaço na literatura. Bacchin *et al.* (2014) apresentam uma ferramenta que utiliza as plataformas ArcGIS e EPA SWMM para analisar a configuração espacial e a composição do ambiente urbano, projetando redes integradas de espaços verdes, azuis e cinzas, que visam a melhoria dos serviços ecossistêmicos e das práticas sustentáveis de manejo de águas pluviais. Perini e Sabbion (2017) analisam as práticas de manejo de águas pluviais em áreas urbanas, focando especificamente na integração de infraestruturas verde e azul para a restauração de rios, e o impacto dessas infraestruturas na revitalização urbana, através de estudos de caso aplicados em diferentes contextos. Silva e Costa (2016) identificam e sistematizam uma ampla gama de medidas de adaptação às inundações pertinentes ao projeto de espaços públicos urbanos. Além disso, apresentam uma estrutura concei-

tual que organiza as medidas identificadas de acordo com o tipo de estratégia de infraestrutura e que pode ser utilizada nas fases iniciais de projeto. Herzog (2016) apresenta uma proposta de planejamento de infraestrutura verde multifuncional para proteger e regenerar a biodiversidade nativa em uma bacia do Rio de Janeiro. Além disso, o plano proposto procura ampliar o debate sobre o papel das áreas verdes e ecossistemas nativos nas cidades, a necessidade de participação pública efetiva na construção de cidades resilientes e sustentáveis, e a importância da melhoria na qualidade de vida da população. Hansen *et al.* (2017) examinam a aplicação do conceito de multifuncionalidade no planejamento urbano com base em um estudo semiquantitativo, incluindo entrevistas com gestores e análise de documentos de planejamento, em vinte cidades europeias, e em um estudo qualitativo das boas práticas observadas em três estudos de caso. A partir dos resultados, os autores propõem cinco recomendações para a promoção de infraestruturas verdes urbanas multifuncionais em áreas densamente urbanizadas. Brody *et al.* (2017) examinam espaços livres em aproximadamente 2600 bacias hidrográficas ao longo do Golfo do México para incorporação na solução dos problemas de inundações e, através de modelos estatísticos, comprovam a relação direta entre espaços livres naturais e a mitigação de inundações.

Diversas cidades desenvolveram infraestruturas urbanas verdes e azuis com benefícios em termos de qualidade da água, clima, poluição, recreação e saúde. Exemplos como o projeto *Madrid Río* ao longo do Rio Manzanares, na Espanha, e a revitalização do entorno do Rio Cheonggyecheon, na Coreia do Sul, servem de inspiração para a transformação de ambientes urbanos de baixa qualidade em habitats humanos que são mais agradáveis, amigáveis, sustentáveis e resilientes.

De acordo com Bacchin *et al.* (2014), projetos que integram a cidade e a natureza com o objetivo de melhorar o desempenho hidráulico exercem um papel vital e multifuncional. Os jardins podem atenuar inundações interceptando a precipitação intensa, atuando como forma de estoque temporário da água. Além disso, conforme de Paula (2004), a vegetação influencia a quan-

tidade de radiação solar recebida, o regime de ventos, precipitação, umidade e temperatura. Sattler (*apud* de Paula, 2004, p. 33) afirma que áreas sem vegetação possuem índices térmicos mais baixos durante a noite e mais altos durante o dia, apresentando maior amplitude térmica do que as áreas vegetadas. Pode-se afirmar então que as coberturas vegetais funcionam como atenuadores das temperaturas locais, corroborando para a melhoria da qualidade de vida e para a mitigação das anomalias climáticas. Por meio de simulações, o estudo de Cameron *et al.* (2012) conclui que o aumento em 10% da vegetação urbana poderia diminuir até 4°C em Manchester nos próximos oitenta anos. Em adição a esses dados, os pesquisadores afirmam que a contem- plação de um espaço vegetado pode aliviar as dores, ajudar a regularizar a pressão sanguínea, melhorar a função cognitiva e reduzir a incidência de doenças. O estudo também aponta que as árvores são mais indicadas para a obtenção de benefícios térmicos e o resultado pode variar de acordo com o tamanho, a espécie, a maturidade e a forma do indivíduo arbóreo.

Nesse trabalho, propõe-se a utilização de infraestruturas verdes e azuis para a revitalização do entorno do Rio Comprido, no Rio de Janeiro. Para o equilíbrio da região deve ser empregada uma lógica multisetorial, na qual a sustentabilidade do conglomerado urbano dependa da densidade de conexões dos espaços verdes e azuis. Como sistemas integrados, a infraestrutura verde e azul pode reduzir o escoamento superficial, aumentar a biodiversidade e oferecer benefícios culturais, de saúde e de lazer através do acesso público a valiosos recursos naturais (BACCHIN *et al.*, 2014), além de gerar as conexões necessárias para os espaços livres naturais fragmentados.

De maneira a avaliar o efeito das infraestruturas verdes e azuis propostas sobre o manejo das águas pluviais urbanas da sub-bacia do Rio Comprido, foi utilizada uma ferramenta computacional hidrodinâmica, o Modelo de Células de Escoamento ou MODCEL (MIGUEZ, 2001). O MODCEL auxilia tanto no diagnóstico da atual situação de drenagem urbana da bacia como na quantificação dos benefícios oriundos da implementação das infraestruturas propostas.

## 2. ESTUDO DE CASO

### 2.1 A BACIA DO RIO COMPRIDO

A sub-bacia do Rio Comprido está localizada na Área de Planejamento 1 da cidade do Rio de Janeiro e pertence à bacia do canal do Mangue, que tem cerca de 45 km<sup>2</sup> de área e abriga bairros tradicionais do Rio de Janeiro, que sofrem com inundações recorrentes, como São Cristóvão, Estácio, Rio Comprido, Maracanã, Vila Isabel, Andaraí, Tijuca e Grajaú.

O principal curso d'água da sub-bacia do Rio Comprido tem sua nascente em uma área de mata nativa localizada na Serra do Sumaré, junto ao Morro do Sumaré, na elevação 590 m, e percorre uma extensão de 4,5 km até sua foz no Canal do Mangue.

Na região são registrados anualmente diversos problemas de inundação, sendo esta uma das áreas mais impactadas pelo icôni-

co evento de chuvas extremas do verão de 2010. O evento de 07 de março deste ano, com intensidade de chuva de 1.272 mm em 24 horas, que resultou em 22 feridos no município do Rio de Janeiro e diversos tumultos no trânsito das principais vias da cidade devido aos alagamentos, teve o bairro do Rio Comprido como um dos principais atingidos.

Devido à criticidade de suas inundações, a sub-bacia do Rio Comprido tem sido alvo diversos estudos e projetos para controle de inundações, destacando-se entre eles a Execução de concepção e de projetos de obras civis e ações de controle das enchentes na Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue (COPPETEC, 2000) e o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais do Rio de Janeiro (CONSORCIO HIDROSTUDIO - FCTH, 2014). Com relação ainda às inundações, o ponto considerado mais crítico nessa sub-bacia é na região da Rua do Matoso (PCRJ, 2015). A Figura 1 apresenta a mancha de inundação para as condições

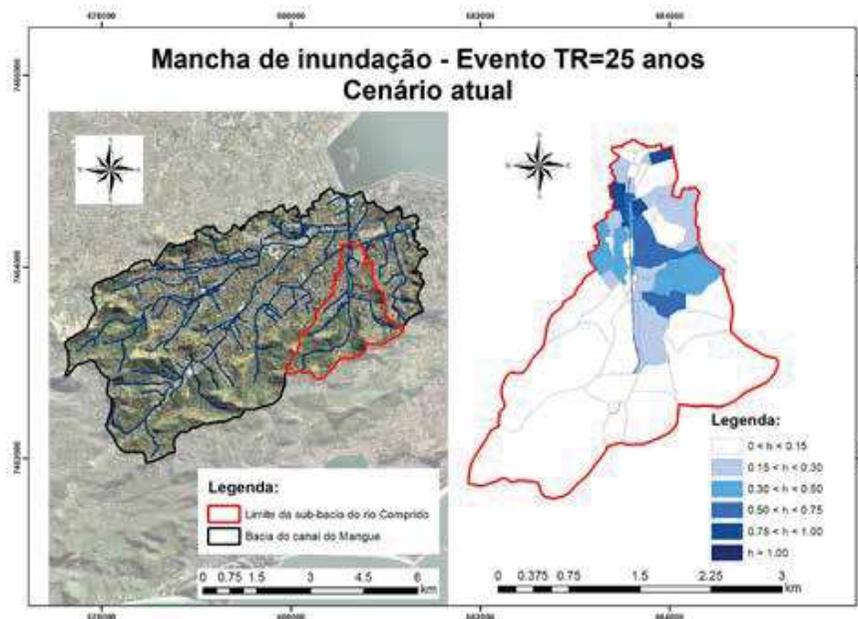


Figura 1: Mancha de inundação na sub-bacia do Rio Comprido para um evento de tempo de recorrência de 25 anos.

atuais da sub-bacia do Rio Comprido para um evento de tempo de recorrência (TR) de 25 anos, simulada por meio do Modelo de Escoamento de Células para Bacias Urbanas, conhecido como MODCEL (MIGUEZ, 2001; MIGUEZ *et al.*, 2017). Essas inundações geram prejuízos para a população local e podem ser consideradas, juntamente com outros fatores, responsáveis pela degradação do ambiente urbano.

## 2.2 O BAIRRO DO RIO COMPRIDO

O bairro do Rio Comprido ocupa cerca de 334,20 ha e é caracterizado por sua intensa ocupação, com mais de 60% de área urbana, possuindo, em seu patrimônio paisagístico, parte do Maciço da Tijuca e os Rios Bananal e Comprido (MARTINS, 2015).

O bairro faz parte do centro urbano inicial da cidade e foi, inicialmente, ocupado por classes altas, militares e religiosos, que transformaram o Rio Comprido em um bairro nobre da capital (LACERDA *et al.*, 2017). Na década de 1850, as obras de infraestrutura de Barão de Mauá aterraram e criaram canais, permitindo o assentamento na cidade. Entretanto, transformaram o recém-construído Canal do Mangue e seus afluentes em condutores de esgoto, sem tratamento. Além disso, com a crescente ocupação e impermeabilização do solo, as inundações tornaram-se recorrentes e persistem até os dias atuais.

Segundo Lacerda *et al.* (2017), Paulo de Frontin foi um engenheiro que, em 1919, assumiu o cargo de Prefeito do Distrito Federal. Nessa época foi construída a Avenida Rio Comprido, atual Avenida Paulo de Frontin, e o bairro passou por um período de valorização, com melhorias urbanísticas (MARTINS, 2015). Após a abertura do Túnel Rebouças em 1967, a importância da Av. Paulo de Frontin aumentou e a mesma tornou-se uma importante conexão entre as Zonas Sul e Norte da cidade. A construção do elevado Engenheiro Freyssinet, conhecido como "Elevado Paulo de Frontin", iniciou-se em 1969. Ainda durante as obras, em 1971, uma parte do viaduto desabou. Após a tragédia, o elevado foi reconstruído, ampliado em mais dois quilômetros e inaugurado em 1974.

Devido ao processo de expansão urbana da Cidade do Rio de Janeiro, o bairro, antes residencial, passou a configurar-se como um local de passagem (LACERDA *et al.*, 2017). Com o passar dos anos, sofreu um processo de degradação ambiental causado pelo barulho dos automóveis, poluição e diminuição da incidência de luz natural. Mesmo com o impacto das transformações urbanas, instituições como o Hospital do Corpo de Bombeiros, o Sindicato das Empregadas Domésticas, a Universidade Estácio de Sá, a Fundação Osório, o Inmetro, o Canal Futura, a Fundação Cesgranrio, a Unicarioca e o CAP-UERJ exercem atividades em suas sedes no bairro do Rio Comprido. Apesar de estar inserido no núcleo histórico da cidade e no principal centro econômico e cultural do Rio de Janeiro, o bairro não possui infraestrutura de lazer e comércio para os moradores (MARTINS, 2015).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 MODELO DE ESCOAMENTO DE CÉLULAS PARA BACIAS URBANAS

A bacia hidrográfica do Rio Comprido possui parte de suas áreas urbanas aproximadamente planas, tendo o potencial para formar áreas alagáveis. Ao sair da rede de drenagem, o caminho da água pode ser qualquer, ditado pelos padrões de urbanização. Isso traz uma complexidade na definição dos escoamentos que podem percorrer tanto redes de drenagem como ruas e calçadas.

Nesse contexto, percebe-se que há indicações para o uso de um modelo que tenha capacidade para simular as cheias na bacia de forma espacializada e integrada, permitindo a avaliação das diversas interações existentes entre o sistema de drenagem e a superfície urbana. Para cumprir esse objetivo, é definida como ferramenta de modelagem, o Modelo de Células de Escoamento – MODCEL, desenvolvido na UFRJ, que tem como princípio a representação do espaço urbano por meio de compartimentos homogêneos, que cobrem toda a superfície da bacia e fazem com que ela se integre e interaja em função do escoamento que sobre ela ocorre, indo de encontro aos objetivos e exigências da mode-

lação das enchentes urbanas.

Os conceitos fundamentais do MODCEL estão associados à divisão da região a modelar em células (compartimentos homogêneos que caracterizam uma porção da bacia) e à interligação destas células por meio de relações hidráulicas capazes de representar a troca de vazões entre elas (permitindo montar uma rede de escoamentos em *loop*, em várias direções do plano bidimensional). As células de escoamento, em grupo ou isoladamente, representam tanto estruturas hidráulicas como paisagens naturais ou urbanas, em um arranjo tal que procura reproduzir padrões diversos de escoamento, dentro ou fora da rede de canais, a partir das interações entre as células modeladas. Este modelo hidrodinâmico, apesar de trabalhar com relações hidráulicas unidimensionais, é capaz de representar o escoamento no espaço bidimensional. Na Figura 2 é apresentado o domínio de modelagem definido e discretizado em células de escoamento para a bacia do canal

do Mangue, na qual está inserida a bacia do Rio Comprido (em destaque).

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE INTERVENÇÃO – DIAGNÓSTICO ATUAL

As principais áreas de intervenção foram escolhidas ao longo da Av. Paulo de Frontin, de modo a estruturar a avenida a partir do sistema de espaços livres e sua conectividade com o Rio Comprido. Todos os pontos foram escolhidos com base em terrenos subutilizados que tem potencial de caráter público, e estão identificados na Figura 3.

#### Intervenção "A"

A área de intervenção "A" localiza-se na esquina da Av. Paulo de Frontin com a Rua João Paulo I. O espaço encontra-se livre de

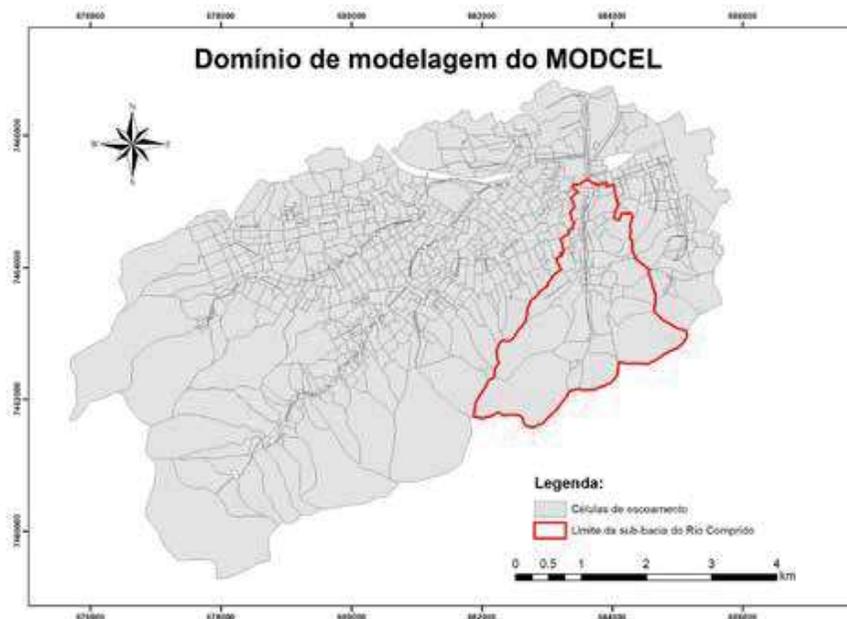


Figura 2 – Domínio de modelagem e discretização em células de escoamento para utilização do MODCEL.

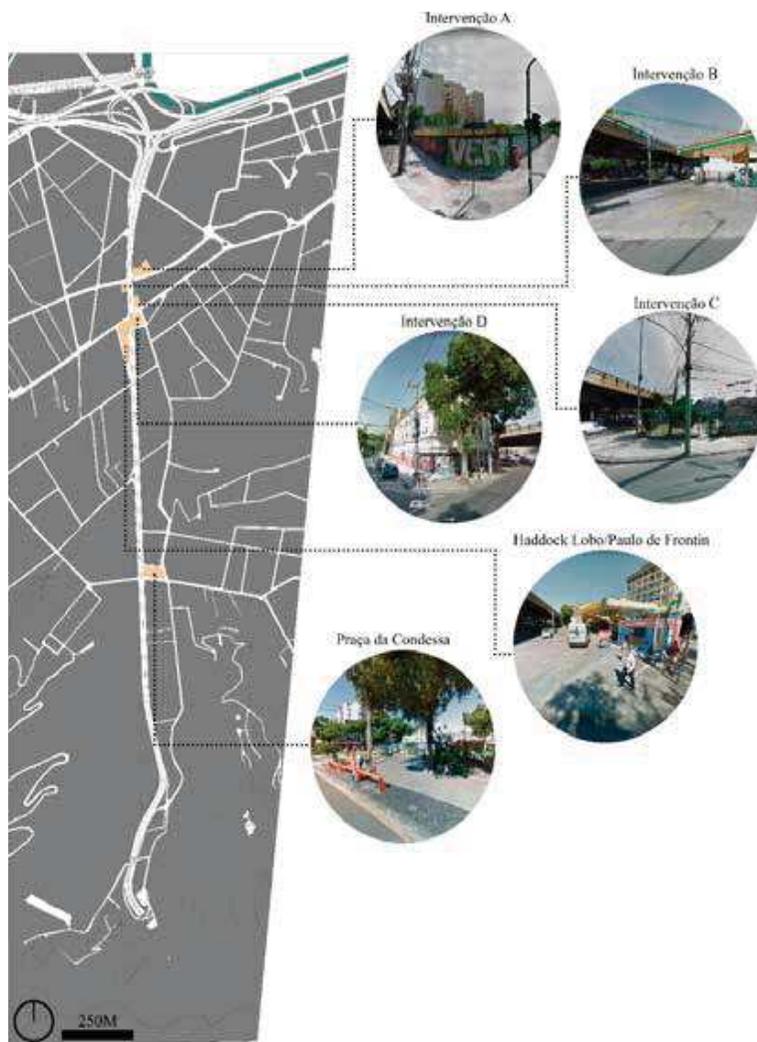


Figura 3 - Identificação dos locais de intervenção ao longo da Av. Paulo de Frontin.

edificações, está vegetado em toda a sua extensão, possui uso privado e está murado. As edificações vizinhas possuem uso institucional e residencial. Observando a ausência de utilização do espaço, ao mesmo tempo em que está localizado em uma esquina de grande movimentação de pedestres e veículos, conclui-se que o mesmo possui grande potencial para tornar-se um espaço de uso público, de forma a atender às necessidades dos moradores locais.

#### Intervenção "B"

O ponto de intervenção "B", onde funciona um pequeno posto de gasolina, localiza-se na esquina oposta à Praça "A". Os edifícios que fazem divisa com esta área são de uso misto, residencial e comercial, característicos das edificações que possuem testada na Av. Paulo de Frontin. Além disso, esse espaço possui o piso impermeabilizado e elevado com relação ao nível da calçada, gerando escoamentos superficiais.

#### Intervenção "C"

O ponto "C" é um terreno baldio junto a uma quadra, ambos gradeados, com presença de algumas vegetações. Com fortes características de abandono, o terreno foi apropriado por moradores de rua, tornando-se um espaço evitado pelos pedestres. Assim como alguns outros pontos, a intervenção está localizada em um importante cruzamento da Avenida Paulo de Frontin com a Rua Haddock Lobo, podendo servir como um espaço de encontro.

#### Intervenção "D"

Situada no lado oposto do ponto "C", a intervenção "D" corresponde a um edifício com o pavimento térreo de comércio, atualmente fechado, e dois pavimentos residenciais. Encontra-se em situação de abandono, sendo alvo de atos de vandalismo, com pichações, janelas quebradas e alguns tapumes. Essa intervenção é escolhida para unir as margens do canal novamente por estar localizada em uma esquina de grande interesse entre a Avenida Paulo de Frontin e a Rua Haddock Lobo.

### **Rua Haddock Lobo / Avenida Paulo de Frontin**

Esta intervenção acontece ao longo de todo um quarteirão triangular, onde mais de 50% de sua área é ocupada por postos de gasolina. O quarteirão acompanha a margem do rio e um de seus lados pertence à Rua Haddock Lobo, servindo, então, como um ponto de interesse para unir as intervenções “C” e “D”.

### **Praça Condessa Paulo de Frontin**

A Praça Condessa Paulo de Frontin apresenta, durante o período diurno, intenso movimento de pedestres devido aos estabelecimentos comerciais no seu entorno, além da presença da Escola Municipal Pereira Passos e do Centro Municipal de Saúde Salles Neto. Outro fator relevante para a movimentação do local são os pontos de ônibus de linhas que conectam o bairro com a Zona Sul e o Centro.

A praça apresenta uma quantidade significativa de indivíduos arbóreos, se comparados com o entorno, além de um elemento escultórico com a função de chafariz. O local possui também espaços para repouso e contemplação, quiosques, mesas de jogos, academia para a terceira idade e equipamentos de lazer infantis. O local também contém uma estação de aluguel de bicicletas, que, por meio de planos diários e mensais, estimula o deslocamento das pessoas na cidade por meio de transporte alternativo. Observa-se que a intensa movimentação de pedestres e a utilização da praça pelos moradores reforça a importância de tornar o espaço resiliente às inundações.

### **Calha do Rio Comprido**

O Rio Comprido encontra-se canalizado e apresenta variações irregulares em suas seções hidráulicas, possuindo trechos em seção aberta e fechada. Em alguns pontos, a variação da seção causa estrangulamento da calha e acaba por prejudicar a capacidade hidráulica do curso d'água, propiciando o extravasamento das águas, no período de cheia, para suas margens. Esta proposta de intervenção parte da necessidade de redimensionamento da calha do Rio Comprido para que, para determinado tempo de recorrência, possa escoar as águas pluviais do sistema de macro-

drenagem da bacia sem falhas.

## **3.3 INTERVENÇÕES NO CENÁRIO DE PROJETO**

### **PROPOSTAS DE INFRAESTRUTURAS MULTIFUNCIONAIS**

Ao longo de toda a margem do Rio Comprido, se redimensiona o sistema viário. Uma ciclovia foi projetada para conectar todos os pontos de intervenção e possibilitar o deslocamento da população de forma mais eficiente e sustentável pela área. Além disso, com o aumento do fluxo de pessoas, a sensação de segurança é aumentada, assim como o número de potenciais clientes dos estabelecimentos comerciais do entorno. Outro benefício é o estímulo à atividade física por meio do uso de bicicletas, auxiliando no combate ao sedentarismo. Na Figura 4, é apresentada a ciclovia proposta, que permite interligar as demais intervenções ao longo do Rio Comprido.

O pedestre torna-se prioridade neste desenho por meio do aumento das calçadas e da criação de um passeio junto a um longo corredor verde marginal ao Rio Comprido. Este corredor verde tem função estética e paisagística, de forma a criar uma unidade de paisagem por meio da composição e relação espacial do canal, da faixa marginal e do sistema viário. O planejamento da infraestrutura verde-azul possui também a finalidade de melhorar a resposta do sistema de drenagem urbana à ocorrência de inundações. Para a obtenção das melhorias no entorno, foram realizadas as intervenções urbanísticas nos pontos estudados anteriormente, conforme descrição nos parágrafos a seguir.

No ponto de intervenção “A” foi proposta a Praça da Horta, que é composta por uma horta urbana, espaço de contemplação e atividades para idosos. Os canteiros da horta foram dispostos de forma a ficarem elevados com relação ao nível da calçada, para evitar a contaminação das espécies plantadas durante a ocorrência de inundações. Essa praça tem como objetivo proporcionar aos moradores a interação entre eles por meio do cultivo de alimentos saudáveis, além da prática regular de atividades físicas. Busca-se incentivar o engajamento e a apropriação do espaço

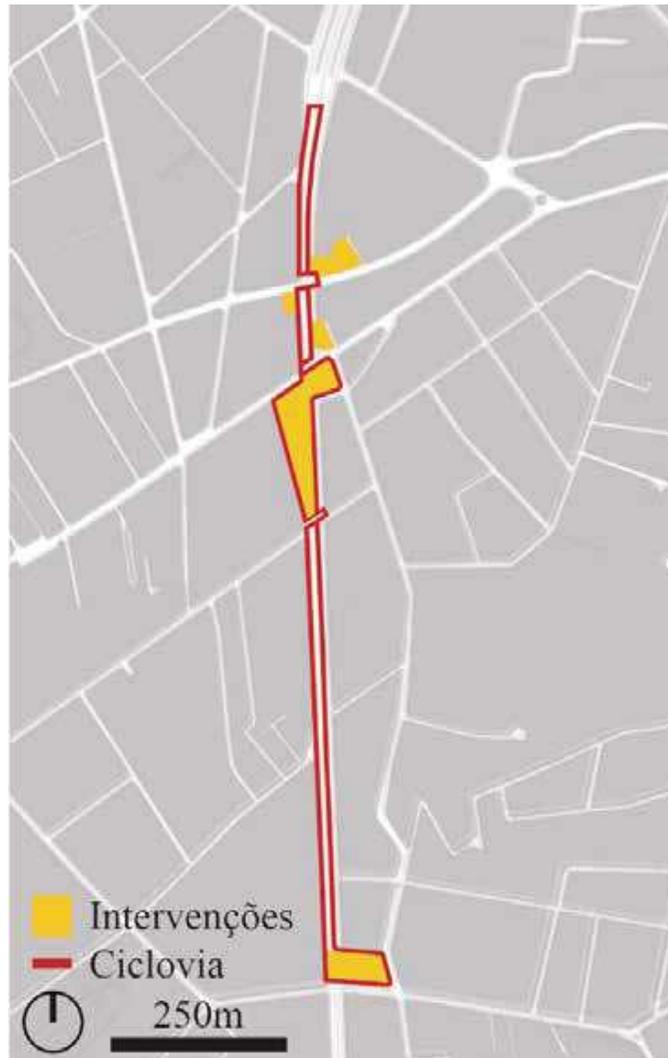


Figura 4 – Ciclovía proposta.

pelos moradores, com a possibilidade da obtenção de produtos gratuitos da horta, fruto do esforço coletivo.

A partir da observação do movimento de pedestres no entorno, foi detectada uma intensa movimentação de moradores passeando com os seus animais de estimação. Optou-se, então, por, no ponto de intervenção “B”, formar um espaço público de comércio e contemplação para os moradores, além de um espaço de lazer para os seus animais de estimação. Considerando a sua principal atração, esse espaço foi denominado Praça dos Pets.

Nas Praças da Horta e dos Pets foram previstas, ainda, locais com o solo permeável, com a função de auxiliar na infiltração das águas em casos de inundação. Para sombrear as áreas de passeio, contemplação e atividades físicas, optou-se pelo plantio de *Bauhinia fortificata*, espécie adaptada às florestas ombrófilas, ou pluviais (PINHEIRO, 2017), e com apelo paisagístico.

As propostas de intervenção nessas praças são apresentadas na Figura 5.

No ponto de intervenção “C”, projeta-se a Praça da Infância, com um espaço composto por brinquedos e mobiliários para crianças. Sua superfície aproveita a cobertura vegetal já existente, permitindo a permeabilidade.

No ponto de intervenção “D”, projeta-se a Praça da Cultura, que ganha o uso cultural a partir do seu reservatório, com capacidade de retenção de 968,80m<sup>3</sup>, em formato de Anfiteatro servindo então como espaço para manifestações artísticas. Além disso, a praça é 0,20m rebaixada em relação ao seu entorno, o que acresce em 305,60m<sup>3</sup> a sua capacidade de armazenagem. Essa área também possui cobertura vegetal para a aumentar a permeabilidade do solo.

Na esquina da Rua Haddock Lobo com a Avenida Paulo de Frontin, em frente à Praça da Cultura, foi proposta a Praça do Triângulo, que recebe este nome devido ao formato do quarteirão, diferentemente das demais praças, cujos nomes referem-se às suas principais atrações. Por ter a maior área, nela se instalam duas grandes bacias de retenção que, quando vazias, possuem

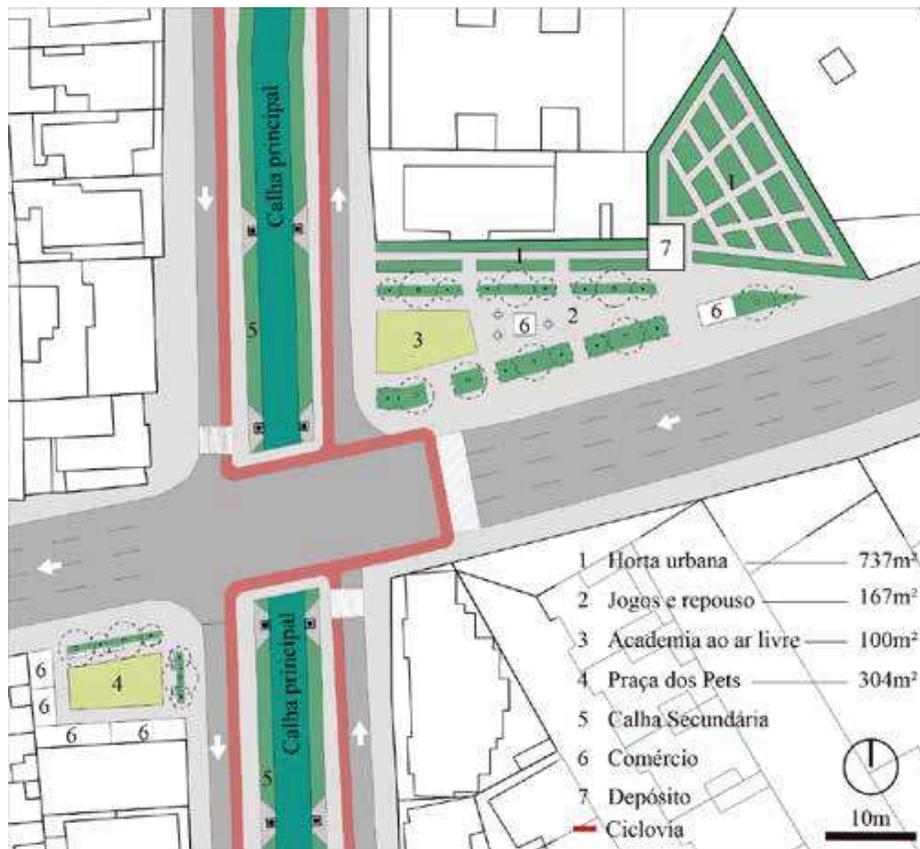


Figura 5 - Praças da Horta e dos Pets.

diferentes usos, mas ambas direcionadas ao público jovem. A primeira corresponde a uma quadra poliesportiva com 3 grandes degraus de 55cm de arquibancada, com capacidade de armazenamento de 1.977,80m<sup>3</sup> e a segunda corresponde a uma planície com obstáculos para skatistas, com capacidade de armazenamento de 887,20m<sup>3</sup>. No entorno de ambas as bacias um jardim rebaixado reveste o solo, destacando dois espaços: um jardim

próximo à Rua Haddock Lobo, criando um lugar de permanência, com árvores que funcionam como proteção solar e barreira acústica dos ruídos causados pelos carros que ali passam; o segundo, um jardim de contemplação, uma vez que na sua calçada oposta existem diversas residências. Esse rebaixamento gera um acréscimo de 210,00m<sup>3</sup> de armazenamento na Praça do Triângulo. No seu extremo, um ponto de quiosques é formado, para criar uma

triangulação de atividades (LYNCH, 2011), mantendo a ocupação da praça.

Assim como nas Praças da Horta e dos Pets, a *Bauhinia fortificata* foi escolhida para o plantio nas Praças da Infância, Cultura e Triângulo, por ser uma espécie que se adapta com facilidade à recorrência de chuvas (PINHEIRO, 2017). As Praças da Cultura e do Triângulo se unem por meio de pontes lúdicas que atravessam o canal, fazendo com que não exista segregação entre as margens do Rio Comprido, fortalecendo a ocupação dos sistemas de espaços livres.

A Figura 6 apresenta uma planta baixa das propostas para as Praças da Infância, da Cultura e do Triângulo e a Figura 7, uma seção transversal na Praça do Triângulo.

A Praça Condessa Paulo de Frontin possui grande movimento de pedestres e pode-se observar a aceitação das funções nela dispostas pelos moradores, caracterizando a forte apropriação do espaço por eles. Devido à sua importância para a vitalidade do bairro, propõe-se, além das funções já existentes, a incorporação de uma quadra poliesportiva rebaixada com capacidade de 511,50m<sup>3</sup> para funcionar como reservatório temporário de água durante a ocorrência de eventos extremos. O objetivo é que a área seja resiliente à ocorrência de inundações por meio da manipulação da multifuncionalidade do espaço público, de forma que a ocorrência de cheias afete o mínimo possível os fluxos dos moradores e das pessoas que necessitam transitar pelo bairro, além de minimizar os prejuízos causados por esses eventos. Como elementos arbóreos foram propostos *Licania tomentosa* e *Cassia spectabilis*, espécies encontradas na região até os anos 60 (DECOURT, 2018), que podem resgatar a memória paisagística do bairro do Rio Comprido. As Figuras 8 e 9 apresentam as propostas de intervenção na Praça Condessa.

Quanto ao funcionamento hidráulico dos reservatórios propostos nas Praças da Cultura, do Triângulo e Condessa, a entrada de água ocorre tanto pelo vertimento do Rio Comprido como pela contribuição dos escoamentos superficiais das margens e de parte das galerias pluviais do entorno. Os reservatórios amortecem o

86

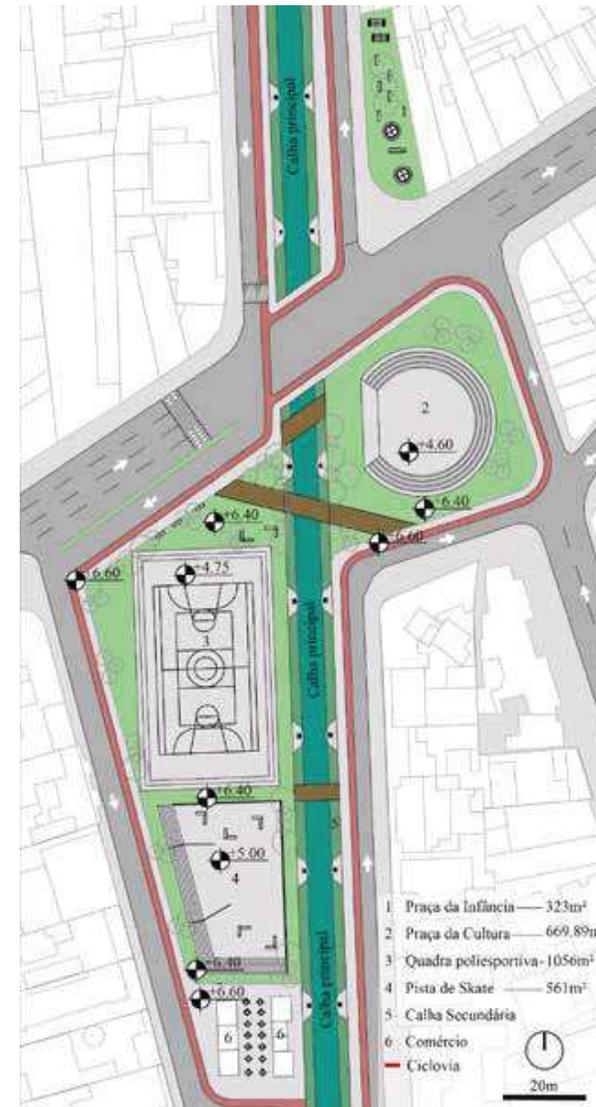


Figura 6 – Praças da Infância, da Cultura e do Triângulo.



Figura 7 – Seção transversal da Praça do Triângulo.

evento de inundação até sua capacidade máxima. Quando a sua capacidade é superada, o escoamento verte para o Rio Comprido e para as ruas adjacentes. Após o evento de cheia, com o esvaziamento do rio, ocorre o deplecionamento dos reservatórios por comportas unidirecionais de fundo (comportas do tipo Flap), que permitem o escoamento apenas saindo das praças em direção ao Rio Comprido.

Em relação ao Rio Comprido, foram propostas mudanças de seção transversal e cota de fundo no trecho desde a Praça Condessa até sua foz no Canal do Mangue, de modo a melhorar sua capacidade hidráulica. Como o rio está inserido em uma área urbana, optou-se por manter as margens em concreto para garantir sua estabilidade. No entanto, diferentemente de sua configuração atual, foi proposta uma calha secundária, com função de arma-

zenamento temporário, nos trechos entre os pilares do viaduto, conforme ilustrado nas Figuras 5, 6 e 8. A cota sugerida para a calha secundária corresponde à cota da lâmina máxima simulada para o tempo de recorrência de 1 ano. Nessa área de armazenagem do canal, é previsto o plantio de espécies vegetais adaptadas às áreas alagáveis como, por exemplo, *Allamanda catártica* e *Typha latifolia* (PINHEIRO, 2017). Dessa forma, a calha secundária, além de reduzir o risco de inundações, terá função estética, de melhoria do microclima e da qualidade da água.

#### OUTRAS INTERVENÇÕES NO CENÁRIO DE PROJETO

Além das infraestruturas multifuncionais citadas anteriormente, algumas intervenções propostas pelo Plano Diretor de Enchentes da Bacia do Canal do Mangue, o PBCM, também foram

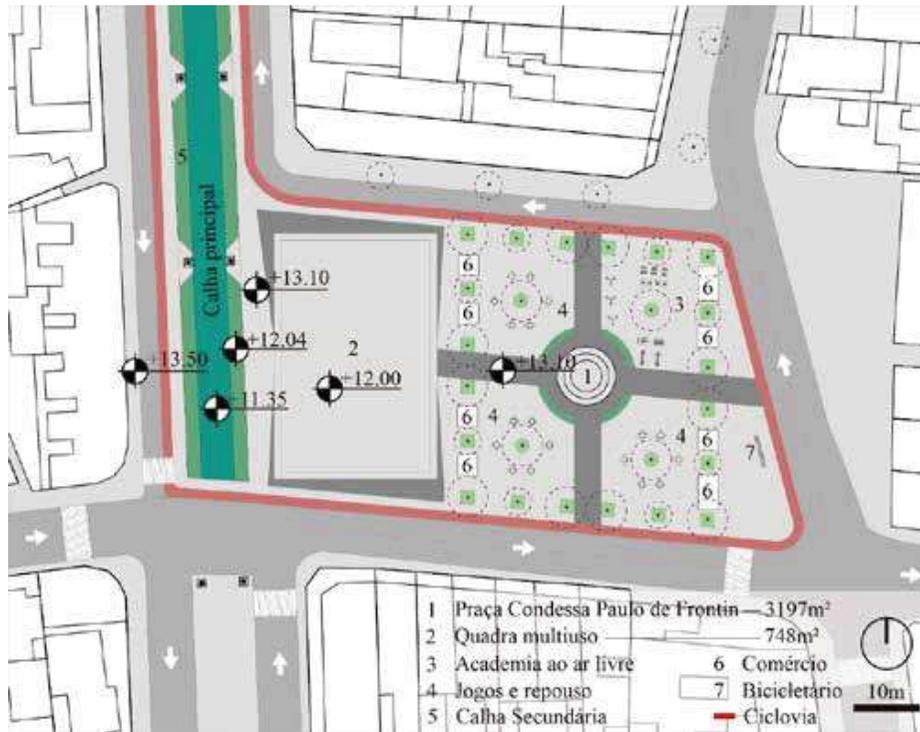


Figura 8 – Praça Condessa.

incorporadas ao cenário de projeto, com o objetivo de complementar as ações para a redução dos riscos de inundação na região de estudo. Esse plano, que previa, entre outras intervenções, a construção de diversos reservatórios nos pés das encostas, foi complementado por uma série de estudos realizados no Laboratório de Hidráulica Computacional da COPPE/UFRJ (REZENDE, 2018). É importante destacar que essas intervenções não foram implantadas e, portanto, fazem parte, exclusivamente, do cenário de projeto.

Os reservatórios de encosta, idealizados por COPPETEC (2000) são estruturas de amortecimento das vazões de drenagem das

encostas, que foram dimensionadas para uma chuva de projeto de 10 anos de tempo de recorrência. Dois reservatórios, denominados Projeto Alto Comprido, com volume útil de 3.669 m<sup>3</sup>, e Projeto Bananas, com volume útil de 4.286 m<sup>3</sup>, foram incorporados nesse trabalho, por se tratar de intervenções na sub-bacia do Rio Comprido. Para um tempo de recorrência de 10 anos, a capacidade de amortecimento desses reservatórios é de 15% e 50%, respectivamente.

Além dos reservatórios de encosta, Rezende (2018) identifica a Praça Del Vecchio com potencial área de armazenagem sob a forma de reservatório de detenção associado a praça urbana.



Figura 9 – Seção transversal na Praça Condessa.

Essa intervenção, com volume útil de 1.660 m<sup>3</sup>, também foi incorporada às propostas para redução do risco de inundações na sub-bacia do Rio Comprido.

Após a incorporação dos reservatórios na modelagem, identificou-se que a galeria de drenagem da Rua Aristídes Lôbo, com aproximadamente 800 metros de comprimento, funciona como geradora de alagamentos em uma grande área da bacia. Isto porque ela capta um grande volume das águas pluviais e o direciona para o Rio Comprido, porém, para determinados eventos ela não é capaz de direcioná-los sem gerar alagamentos. Os alagamentos alcançam quase um metro de lamina d'água e não estão diretamente relacionados às falhas de macrodrenagem (extravasamentos da calha principal do Rio Comprido), mas sim com a falta de capacidade da galeria. Dessa forma, é proposto um extravasor para a galeria da Rua Aristídes Lôbo, que intercepta a contribuição das águas pluviais dos primeiros 300 metros de galeria (a montante) e os direciona por uma nova galeria, situada na Travessa Antônio Pedro Galiuzzi, em direção ao Rio Comprido, aliviando o trecho final da galeria subdimensionada.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A infraestrutura verde-azul pode desempenhar a função de espaço de lazer e proporcionar uma estética mais agradável para que os transeuntes contemplem a paisagem. O corredor verde também auxilia no controle de inundações, na melhoria da qualidade da água e na amenização do microclima. Pode-se dizer que acarretam uma melhoria no fluxo de pessoas pela região por serem conjugados com uma ciclovia, que estabelece um agradável espaço para caminhada e prática de ciclismo, conforme Figura 10. Em adição aos benefícios citados nos fluxos da população, proporciona áreas para convivência, prática de atividades físicas e pode incentivar as atividades econômicas no entorno.

Em relação à simulação hidrodinâmica das intervenções, a Figura 11 apresenta a variação de níveis máximos de água ao longo do Rio Comprido, trecho entre a Praça Condessa e a sua foz no Canal do Mangue, para os cenários atual e de projeto. A figura também destaca o trecho mais crítico do rio em relação ao extravasamento da calha e o tramo no qual o escoamento ocorre den-

tro de galeria pluvial. Observamos que o projeto multifuncional proposto é capaz de controlar as inundações do Rio Comprido para o tempo de recorrência de 25 anos, mantendo praticamente todos os volumes de cheias do sistema de macrodrenagem dentro da calha do principal curso hídrico da bacia. A Figura 12 apresenta as manchas de inundação antes e após a implementação das intervenções na bacia, para o tempo de recorrência de 25 anos e permite observar uma melhoria significativa nas inundações e alagamentos observados na etapa de diagnóstico.

Além dos resultados para uma chuva de projeto de 25 anos, também foram simulados outros tempos de recorrência. A Tabela 1 apresenta o volume armazenado em cada reservatório para essas simulações e a Figura 13 ilustra uma seção transversal do rio, no trecho próximo à Praça Condessa, com a nova configuração da

calha, indicando, além da lâmina associada a vazão de base, os níveis de água para os tempos de recorrência de 1, 25, 100 e 500 anos. Por mais que as modificações da calha do Rio Comprido e a implementação de reservatórios de encosta sejam os maiores responsáveis pela mitigação das inundações, as demais intervenções são extremamente necessárias para aliviar alagamentos locais, não irrelevantes, e ofertar uma série de serviços que obras hidráulicas tradicionais não poderiam.

## 5. CONCLUSÕES

As infraestruturas verde e azul apresentam grande potencial para integrar funções hidráulicas e paisagísticas no ambiente urbano de forma resiliente. Assim, o estudo de caso da sub-bacia do Rio Comprido representa uma oportunidade de incorporar o

90



Figura 10 – Perspectiva do corredor verde-azul.

conhecimento científico na revitalização de regiões urbanas que sofrem com inundações frequentes. Em relação aos benefícios no sistema de macrodrenagem urbana, as intervenções propostas foram capazes de reduzir as lâminas de inundação em diversas áreas da bacia, além de manter o escoamento associado ao tempo de recorrência de 25 anos na calha do rio. Essas intervenções ainda proporcionam melhorias da qualidade de vida e de lazer para a população e contribuem para o aumento da resiliência urbana.

Apesar das propostas estarem voltadas para o estudo de caso da sub-bacia do Rio Comprido, essas estratégias podem ser adap-

tadas para outras áreas urbanas, promovendo a diminuição do risco hidráulico aliado à melhoria dos ecossistemas fluviais.

O sistema de drenagem pode ser visto como um catalisador de mudanças, quando a mitigação de inundação é necessária. A necessidade de mitigação, por sua vez, leva a uma busca por espaços de armazenamento e possibilidades de infiltração, no intuito de recuperar funções hidrológicas perdidas durante a própria expansão urbana, ratificando ainda mais a necessidade de se incorporar a lógica das infraestruturas verde-azul no planejamento do espaço urbano.

Tabela 1 – Volumes armazenados nos reservatórios para diferentes tempos de recorrência simulados.

Reservatórios	Volume armazenado em cada intervenção (m <sup>3</sup> )							
	TR=1	TR=2	TR=5	TR=10	TR=25	TR=50	TR=100	TR=500
Praça da Cultura	1.274,40	1.274,40	1.274,40	1.274,40	1.274,40	1.274,40	1.274,40	1.274,40
Praça Triângulo	2.803,44	2.844,48	2.970,00	3.075,00	3.075,00	3.075,00	3.075,00	3.075,00
Praça Condessa	333,00	363,60	399,30	424,80	470,70	511,50	511,50	511,50
Praça Del Vecchio	830,00	962,80	1.162,00	1.344,60	1.626,80	1.660,00	1.660,00	1.660,00
Projeto Bananas	526,60	862,69	1.427,20	2.012,12	3.087,50	3.989,88	4.286,00	4.286,00
Projeto Alto Comprido	1.379,27	1.827,22	2.626,75	3.403,72	3.669,00	3.669,00	3.669,00	3.669,00

Figura 13 – Seção transversal do Rio Comprido.



Figura 11 – Perfil dos níveis d’água do Rio Comprido para o tempo de recorrência de 25 anos.

92

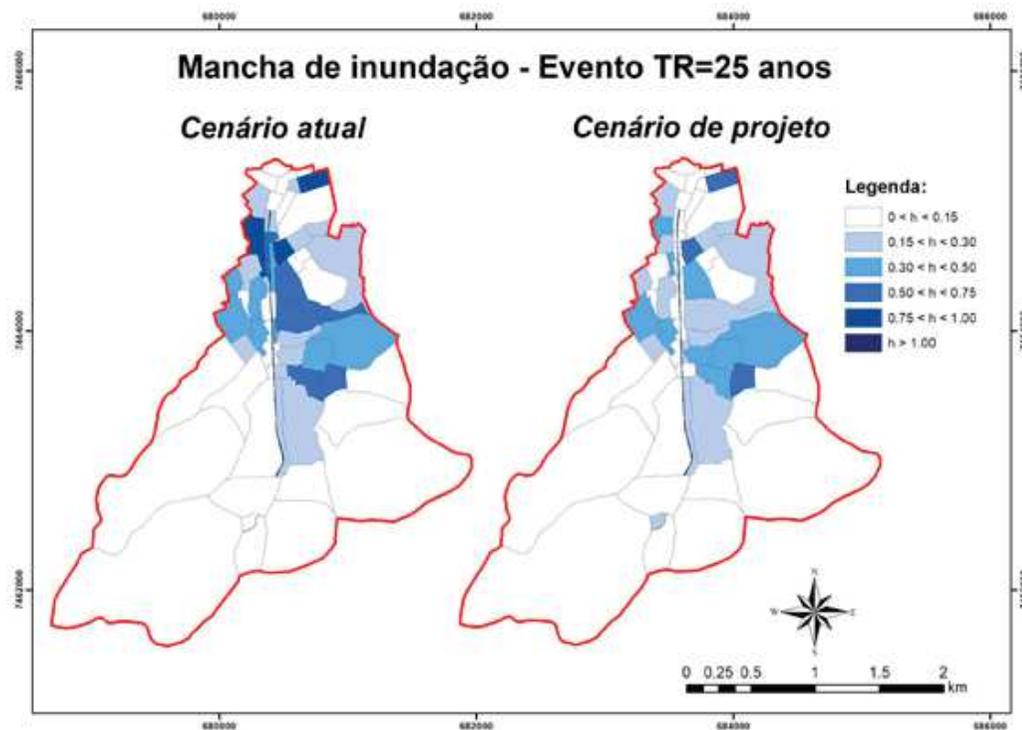


Figura 12 – Manchas de inundação nos cenários atual e de projeto para um evento de 25 anos.



Figura 13 – Seção transversal do Rio Comprido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERN, Jack. Sustainability, Urbanism and Resilience. In: CONFERÊNCIA DE HUMANIDADES E INDÚSTRIA CRIATIVA, 1., 2009, Universidade de Tecnologia Nacional Chyn-Yi, Taichung, Taiwan, *Conference Proceedings*, 2009, p. 4-22.

BACCHIN, Taneha K.; ASHLEY, Richard; SIJMONS, Dirk.; ZEVENBERGEN, Chris; VAN TIMMEREN, Arjan. Green-blue multifunctional infrastructure: an urban landscape system design new approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 13., 2014, Sarawak, Malaysia, *Conference Proceedings*, 2014, p. 1-8. DOI:10.13140/2.1.2061.5049.

BEATLEY, Timothy. Biophilic Cities and Healthy Societies. *Urban Planning*. v. 2, n. 4, p. 1-4, 2017. DOI:10.17645/up.v2i4.1054.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. *Green infrastructure: smart conservation for the 21st century*. Washington, D.c.: Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, 2002. Disponível em: <http://sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BRODY, Samuel D.; HIGHFIELD, Wesley E.; BLESSING, Russell, MAKINO, Tak; SHEPARD, Christine C. Evaluating the effects of open space configurations in reducing flood damage along the Gulf of Mexico coast. *Landscape and Urban Planning*. v. 167, p. 225-231, 2017. DOI:10.1016/j.landurbplan.2017.07.003.

BURTON, Elizabeth. The Compact City: Just or Just Compact? A Preliminary Analysis. *Urban Studies*. v. 37, n. 11, p. 1969-2001, 2000. DOI:10.1080/00420980050162184.

CAMERON, Ross W. F., BLANUSA, Tijana, TAYLOR, Jane E., SALISBURY, Andrew, HALSTEAD, Andrew J., HENRICOT, Béatrice; THOMPSON, Ken. The domestic garden - Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry and Urban Greening*. v. 11, n. 2, p. 129-137, 2012. DOI:10.1016/j.ufug.2012.01.002.

CONSORCIO HIDROSTUDIO - FCTH. *Plano Diretor de Manejo de Aguas Pluviais do Município do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. 2014.

COPPETEC. *Execução de concepção e de projetos de obras civis e ações de controle das enchentes na Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue*. Rio de Janeiro, 2000.

DECOURT, Andre. *Av. Paulo de Frontin, quase esquina com Rua do Bispo e Praça Condessa P. de Frontin anos 50*. 2018. Disponível em: <http://www.rioquepassou.com.br/2018/07/27/av-paulo-de-frontin-quase-esquina-com-rua-do-bispo-e-praca-condessa-p-de-frontin-anos-50/>. Acesso em: 14 ago. 2018.

FLETCHER, Tim D.; SHUSTER, William; HUNT, William F.; ASHLEY, Richard; BUTLER, David; ARTHUR, Scott; TROWSDALE, Sam; BARRAUD, Sylvie; SEMADENI-DAVIES, Annette; BERTRAND-

- KRAJEWSKI, Jean-Luc; MIKKELSEN, Peter Steen; RIVARD, Gilles, UHL; Mathias, DAGENAIS, Danielle; VIKLANDER, Maria. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*. v. 12, n. 7, p. 525–542, 2014. DOI:10.1080/1573062X.2014.916314.
- HANSEN, Rieke; OLAFSSON, Anton Stahl; VAN DER JAGT, Alexander P. N.; RALL, Emily; PAULEIT, Stephan. Planning multifunctional green infrastructure for compact cities: What is the state of practice? *Ecological Indicators*. 2017. DOI:10.1016/j.ecolind.2017.09.042.
- HERZOG, Cecília Polacow. A multifunctional green infrastructure design to protect and improve native biodiversity in Rio de Janeiro. *Landscape and Ecological Engineering*. v. 12, n. 1, p. 141–150, 2016. DOI:10.1007/s11355-013-0233-8.
- LACERDA, Andressa, FONTENELLE, Deborah, DE OLIVEIRA, Hilton Meliande, SILVA JUNIOR, Hilton, MORAES, Vinicius. e RODRIGUES, Rejane. Rio Comprido em seus aspectos históricos e geográficos: possibilidades. *Interagir: pensando a extensão*. v. 23, p. 88–105, 2017. DOI:10.12957/interag.2017.25618.
- LYNCH, Kevin. *A imagem da cidade*. 3a ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011. 240 p.
- MARTINS, Sabrina Bridi Marcondes. *Além das muretas do Elevado Paulo de Frontin*. 2015. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- MIGUEZ, Marcelo Gomes. *Modelo matemático de células de escoamento para bacias urbanas*. 2001. 301 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- MIGUEZ, Marcelo Gomes; BATTEMARCO, Bruna Peres; DE SOUSA, Matheus Martins; REZENDE, Osvaldo Moura; VERÓL, Aline Pires; GUSMAROLI, Giancarlo. Urban flood simulation using MODCEL-an alternative quasi-2D conceptual model. *Water (Switzerland)*. v. 9, n. 445, p. 1-28, 2017. DOI:10.3390/w9060445.
- MIGUEZ, Marcelo Gomes e DE MAGALHÃES, Luis Paulo Canedo. Urban Flood Control, Simulation and Management - an Integrated Approach. *InTech open*. v.2, p. 131-160, 2010. DOI:10.5772/32009.
- MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires e REZENDE, Osvaldo Moura. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*. 1a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 366 p.
- MULLER, Norbert; WERNER, Peter. Urban Biodiversity and the Case for Implementing the Convention on Biological Diversity in Towns and Cities. In: MULLER, Norbert, et al. *Urban Biodiversity and Design*, 2010. p. 1-33. DOI:10.1002/9781444318654.ch1.
- DE PAULA, Roberta Zakia Rigitano. *A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído*. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.
- PCRJ – Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSEB\\_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSEB_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf). Acesso em: 10 jul. 2018.
- PERINI, Katia; SABBION, Paola. (2017) *Urban sustainability and river restoration: Green and blue infrastructure*. 1ª ed. Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd, 2017, 268p. DOI:10.1002/9781119245025.
- PINHEIRO, Maitê Bueno. Plantas para Infraestrutura Verde e o Papel da Vegetação no Tratamento das Águas Urbanas de São Paulo: Identificação de Critérios para Seleção de Espécies. 2017. 367 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- RAMASWAMI, Anu; RUSSEL, Armistead G.; CULLIGAN, Patricia J.; SHARMA, Karnamadakala Rahul; KUMAR, Emani. Meta-principles for developing smart, sustainable, and healthy cities. *Science*. v. 352, n. 6288, p. 940–942, 2016.
- REZENDE, Osvaldo Moura. *Análise quantitativa da resiliência a inundações para o planejamento urbano: caso da bacia do canal do Mangue no Rio de Janeiro*. 2018. 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- SILVA, Maria Matos; COSTA, João Pedro. Flood Adaptation Measures Applicable in the Design of Urban Public Spaces: Proposal for a Conceptual Framework. *Water (Switzerland)*. v 8, n. 7, p. 1–26, 2016. DOI:10.3390/w8070284.
- VOSKAMP, Ilse M.; Van de Ven, Frans H. M. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*. v. 83, p. 159-167, 2015. DOI:10.1016/j.buildenv.2014.07.018.
- ZHANG, Xiaowan. (2017) *Adapt Green-Blue Space: Implementing the sustainable urban drainage system in Rotterdam city context*. 2017. 203f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura da Paisagem) - Wageningen University, Wageningen, 2017.

Luciana Fernandes Guimarães  
 Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Engenharia Civil.  
 Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, CT, Bl. I-206, 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil  
 Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9018473712041258>  
 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7105-4669>  
 E-mail: [lucianafg@poli.ufrj.br](mailto:lucianafg@poli.ufrj.br)

Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira  
 Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Engenharia Civil.  
 Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, CT, Bl. I-206, 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil  
 Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5016950162930775>  
 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7334-1928>  
 E-mail: [krishnamurti@poli.ufrj.br](mailto:krishnamurti@poli.ufrj.br)

Lays de Freitas Veríssimo

Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Avenida Pedro Calmon, 550, Sala 433, 21941-485, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8713285984871140>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6492-9543>

E-mail: [ldfverissimo@gmail.com](mailto:ldfverissimo@gmail.com)

Mylenna Linares Merlo

Universidade Federal do Rio de Janeiro. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Avenida Pedro Calmon, 550, LASUP, Bloco D, Térreo, 21941-485, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9858189602050339>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5213-5383>

E-mail: [linaresmerlo.m@gmail.com](mailto:linaresmerlo.m@gmail.com)

Aline Pires Veról

Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Avenida Pedro Calmon, 550, Sala 433, 21941-485, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7080639228518407>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7793-1143>

E-mail: [alineverol@fau.ufrj.br](mailto:alineverol@fau.ufrj.br)

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 – e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. - Processo 142284/2018-1.

Nota do Editor:

Revisão do texto: Autores

Submetido em: 29/09/2018

Aprovado em: 20/02/2019