

ANÁLISE DA DRENAGEM URBANA COM ÊNFASE NA REDUÇÃO DE RISCOS DE ENCHENTES

Ana Carolina Rangel Araujo

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pelo
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) RJ, BRASIL
carolinassantoa94@gmail.com

Carolina de Sousa dos Santos

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pelo
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) RJ, BRASIL
carol.rangel16@hotmail.com

José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves

Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola e Ambiental pela
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
Docente, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Joserobertoverde@gmail.com

RESUMO

No presente estudo foi realizado uma análise do planejamento urbano em relação a permeabilidade do solo como forma de reduzir os riscos de enchentes. Também foi avaliado o coeficiente de escoamento superficial (C) principalmente dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e comparado com regiões de mata. Identificou-se que o crescimento acelerado das cidades em comparação ao previsto no plano diretor e seu descaso com o assunto, ocasionaram a estagnação de melhorias referente ao escoamento de água pluvial. E que algumas soluções podem ser implantadas de forma que reduza consideravelmente o volume dessas enchentes e contribua ao reabastecimento dos lençóis freáticos através de asfaltos permeáveis e crescimento de áreas verdes.

Palavras-chaves: Coeficiente de escoamento. Enchentes. Asfalto Permeável.

URBAN DRAIN ANALYSIS WITH EMPHASIS ON FLOOD RISK REDUCTION

ABSTRACT

In this study an analysis was carried out in urban planning in relation to soil permeability as a way to reduce flood risks. It was also evaluated the coefficient of surface runoff (C), mainly in the states of Rio de Janeiro and São Paulo, and compared to forest regions. It was identified that the accelerated growth of the cities in comparison to the predicted in the master plan and its neglect with the subject, caused stagnation of improvements related to the runoff of

rainwater. And that some solutions can be deployed in a way that considerably reduces the volume of these floods and contributes to the replenishment of groundwater through permeable asphalts and green growth.

Keywords: Scientific article. Coefficient of flow. Search. Floods. Asphalt Permeable. Rio de Janeiro. São Paulo

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

As enchentes urbanas têm sua principal causa na incapacidade das cidades em reter suas águas de chuva em locais apropriados (seja para uso posterior ou reabastecimento dos lençóis freáticos), o que as faz, pela impermeabilização generalizada de sua superfície, dado ao crescimento acelerado da população/cidade sem que houvesse um planejamento urbano adequado. Não sendo um problema apenas da atualidade e sim de séculos, onde no decorrer da história foi-se criado alguns paliativos para esse problema.

Esse conhecimento é essencial para um planejamento urbano mais eficiente. E através de dados como coeficiente de escoamento superficial (C), estatísticas e volumetria da precipitação, consegue-se distinguir os melhores meios de solução para as enchentes que vêm ocorrendo principalmente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e aí reside o interesse e foco deste trabalho.

No presente estudo, além da caracterização de medidas de solução para as enchentes e estudo do plano diretor (planejamento urbano), utilizando-se de dados cadastrais da Prefeitura municipal e embasamentos em outras fontes confiáveis de informações feito artigos e leis, é possível expor o que vêm de fato acontecendo nesses últimos anos e utilizar de meios comparativos para melhor entendimento populacional.

2 CIDADE SUBMERSA

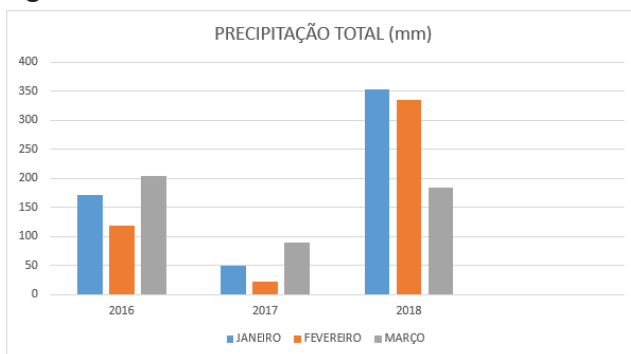
As enchentes ou cheias são desastres naturais que assolam o Rio de Janeiro há séculos devido ao grande aumento populacional, aquecimento global, a falta de planejamento urbano, impermeabilização do solo e a incapacidade dos sistemas de águas pluviais da cidade para lidar com a quantidade de precipitação. (SALE; NORRIS, 2016).

Além de toda essa problemática, o Rio de Janeiro ainda sofre com a questão geográfica, pois foi construído sob antigos córregos, pântanos, brejos e áreas naturais de retenção de água, o que dificulta o escoamento natural das águas pluviais. Com isso o Rio

deverá ser a cidade da América do Sul mais afetada pelas mudanças climáticas ao longo dos próximos anos. (SALE; NORRIS, 2016).

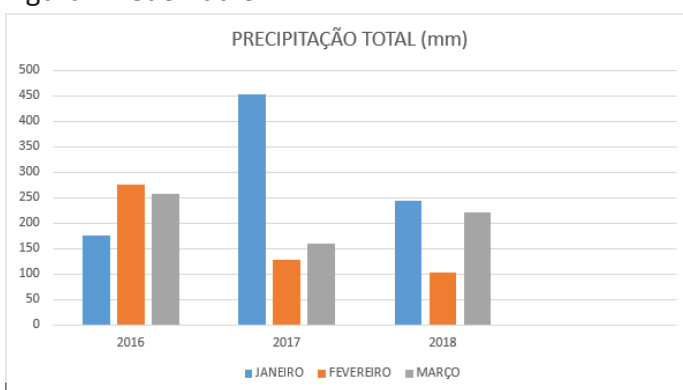
Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a chuva nos anos de 2016 a 2018 referentes aos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, cresceram drasticamente, como consta na figura 1 e 2. Se tornando comum notícias de enchentes nos jornais, pois não constituem apenas de assolamento de propriedades como também de vidas. Apenas esse ano (2019) ocorreu a maior chuva em 22 anos no Rio de Janeiro, fazendo com que segundo informações do Instituto Climatempo e do Alerta Rio, o volume de chuva em 24 horas chegasse a 343,4 milímetros. A maior marca registrada anteriormente era de 304,6 milímetros, no início de abril de 2010. Nesse dia, houve 10 mortes.

Figura 1: Rio de Janeiro



Fonte: Feito pelos Autores baseados em dados do INMET.

Figura 2: São Paulo



Fonte: Feito pelos Autores baseados em dados do INMET.

2.1 Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento superficial também deve ser considerado quando falado em enchentes, pois ele representa a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Ou seja, é o fluxo de água que ocorre na superfície do solo quando este se encontra saturado de umidade. (GAROTTI; BARBASSA, 2010).

O coeficiente de escoamento superficial é baseado em uma série de fatores, como as características da superfície, o tipo de solo, a permeabilidade do solo e o tempo de concentração. Usualmente, ele é adotado em função de características de urbanização, como observado na figura 3.

Figura 3: Valores de C, conforme as características de Urbanização

Tabela 1 – Valores de C, conforme as características de urbanização da bacia

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

Fonte: baseado no livro de WILKEN (1978).

Segundo a tabela acima, consta que as cidades de edificações muito densas como São Paulo e Rio de Janeiro, por exemplo, atingem uma margem muito elevada de coeficiente de escoamento superficial, sendo ele de 0,80. Ou seja, 80% do volume de uma chuva pesada que cai nas capitais escoam superficialmente (não é retido) comprometendo rapidamente seu sistema de drenagem. Inversamente, em uma floresta, ou um bosque florestado urbano, o

CES fica em torno de 20%; de forma que cerca de 80% do volume das chuvas torrenciais é retido pela floresta, alimentando em boa parte, por infiltração, o lençol freático.

3 PLANO DIRETOR EM RELAÇÃO A DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL

O crescimento das cidades exige sustentabilidade socioeconômica e humana, com desafios estruturais, dentre os quais a necessidade de resolução dos problemas relacionados com a gestão e o controle das águas pluviais. (CARMO; MARCHI, 2013). Isso deve ocorrer através do planejamento urbano como princípio constitucional, com objetivo de ordenar o desenvolvimento das funções sociais das cidades e garantir o bem-estar de seus habitantes. Entretanto, quando o assunto é planejamento de drenagem ou plano diretor de drenagem, na maioria dos municípios brasileiros ainda não recebe a importância devida, dada a ausência de um planejamento específico para o setor.

Porém leis como o projeto de Lei 01-00114/2017 do Vereador Ricardo Teixeira que promovia a implantação de asfalto permeável e rede de captação das águas pluviais nas principais ruas do município de São Paulo com problemas de alagamento, permanecem apenas no papel. Já se passaram 2 anos e esse projeto permanece em tramitação.

Segundo dados da pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000), aproximadamente 99,8% dos municípios prestavam os serviços de drenagem urbana, já na pesquisa (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008) o resultado demonstrou que houve uma pequena redução percentual para 99,7%, sendo que deste percentual, aproximadamente 2% dos serviços são prestados por entidades que pertencem à esfera municipal. Assim, constata-se que praticamente não houve mudanças no setor.

Os dados da pesquisa Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) demonstram que 73,4% dos municípios não possuem instrumentos reguladores do sistema de drenagem urbana, entretanto, este dado não foi objeto da última pesquisa que se findou em 2008, prejudicando a análise comparativa.

Para ilustrar o parágrafo anterior, o quadro 1 indica dados dos municípios, apurados por região do país, que segundo o IBGE, possuíam algum instrumento regulador de manejo de águas pluviais, em 2008.

O que pode ser observado é que as regiões mais desenvolvidas como Sul e Sudeste são as com maior porcentagem de instrumentos reguladores. Mas se tratando apenas da região sudeste, como demonstrado no quadro 2, pode-se perceber que São Paulo é o que mais se preocupa com o manejo de água pluvial, por assim possuir mais instrumentos reguladores. Porém o Rio de Janeiro mostra-se muito abaixo se comparado com São Paulo, estando um pouco melhor que Espírito Santo.

Quadro 1 - Municípios com drenagem urbana, por existência de instrumentos reguladores, segundo as Grandes Regiões – IBGE, 2000.

Grandes Regiões	Total	Com instrumentos reguladores (%)	Sem instrumentos reguladores (%)
Brasil	4 327	26,3	73,4
Norte	222	20,7	78,8
Nordeste	1 227	13,4	86,5
Sudeste	1 468	26,3	73,2
Sul	1 094	43,2	56,5
Centro-Oeste	316	21,8	77,8

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Fonte: Pesquisa nacional de saneamento básico (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000).

Quadro 2: Municípios, total e com instrumentos legais reguladores do serviço de manejo de águas pluviais, por tipo de instrumento, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação, 2008.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios						
	Total	Com instrumentos legais reguladores do serviço de manejo de águas pluviais					
		Total	Tipo de instrumento				
			Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano	Plano Diretor de Recursos Hídricos	Plano Diretor Integrado de Saneamento Básico	Outro
Brasil	5 564	1 001	141	551	72	58	327
Sudeste	1 668	322	54	183	39	30	95
Minas Gerais	853	120	19	70	10	12	34
Espírito Santo	78	16	2	12	-	-	3
Rio de Janeiro	92	29	6	19	4	5	6
São Paulo	645	157	27	82	25	13	52

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.
Nota: O município pode apresentar mais de um tipo de instrumento regulador do serviço de manejo de águas pluviais.

Fonte: Pesquisa nacional de saneamento básico (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

No quadro 3, uma pesquisa também feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000; 2008), consta os tipos de sistemas de drenagem, sejam superficiais ou subterrâneo. Baseado nesses dados referentes aos anos de 2000 e 2008, percebe-se que em 8 anos, no Rio de Janeiro, houve-se um aumento insignificante. Isso indica um descaso em relação ao risco de enchentes.

Quadro 3: Municípios, total e com ruas pavimentadas na área urbana, por tipo de sistema de drenagem urbana, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2000/2008.

Municípios, total e com ruas pavimentadas na área urbana, por tipo de sistema de drenagem urbana, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2000/2008								
Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios							
	Total		Com ruas pavimentadas na área urbana					
			Total		Tipo de sistema de drenagem urbana			
					Superficial		Subterrâneo	
2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008	
Brasil	5 507	5 564	4 313	5 255	3 470	4 939	3 678	4 019
Sudeste	1 666	1 668	1 465	1 643	1 217	1 560	1 407	1 525
Minas Gerais	853	853	669	831	510	782	648	734
Espírito Santo	77	78	77	76	65	63	76	75
Rio de Janeiro	91	92	90	91	61	65	90	91
São Paulo	645	645	629	645	581	630	593	625

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000/2008.
Nota: O município pode apresentar mais de um tipo de sistema de drenagem urbana.

Fonte: Pesquisa nacional de saneamento básico (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000; 2008).

A pouca permeabilidade do solo, decorrente do aumento da área impermeabilizada nas cidades, subproduto de uma drenagem urbana realizada sem planejamento, provocou uma reação inversa em relação à drenagem subterrânea das águas. É também possível notar que os sistemas de drenagem já estão ultrapassados e que não estão conseguindo desempenhar sua função com maestria, tendo em vista que os prejuízos estão crescendo cada vez mais.

4 MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO

As medidas de controle do escoamento podem ser categorizadas em: medidas construtivas e não construtivas. Um plano diretor de drenagem urbana deve conter obras para a condução das águas, tais medidas estruturais interferem na característica do

escoamento, mudando a direção e controle do fluxo das águas pluviais, ocorrendo assim uma modificação do sistema natural para contenção ou escoamento. (SÃO PAULO, 2012).

Na tabela 5 consta exemplificado alguns desses métodos, que se trabalhado em conjunto pode servir de solução para redução das enchentes e aumento da permeabilidade do solo, de forma que reabasteça os lençóis freáticos, ou seja, a maior fonte de água doce do planeta.

Quadro 5: Medidas construtivas e não construtivas de controle do escoamento.

Medidas Estruturais	Medidas não Estruturais
Ampliação, Modificação, retificação, revestimento, canalização dos cursos d'água naturais ou execução de galerias	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos, margens e entornos de lagos e rios.
Armazenamento ou Desvio das água amontante da região sujeita a inundações	Controle do uso do solo fora da área de inundação
Diques muros e floodwalls	Securitização da área de risco de inundação
Alterações em pontes e travessias	Sistema de previsão, antecipação e alerta
Bacias de retenção, detenção e amortecimento	Educação Ambiental
Bacias de sedimentação, retenção de detritos e lixos.	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem
Repermeabilização e permeabilização artificial do solo	Programa de ação emergencial
Detenção em lotes, quadras, empreendimentos, jardins de chuva, telhado verde...	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado
Pavimentação com asfalto permeável	Leis que incentivem a população a fazer uso de mecanismos de drenagem

Fonte: Adaptada de Martins (2012).

O interior da Terra é composto de diferentes rochas, e funciona como um vasto reservatório subterrâneo para a acumulação e circulação das águas que nele se infiltram,

dando origem aos aquíferos. São geralmente, interligados, permitindo o deslocamento das águas infiltradas. A água subterrânea é originada predominantemente da infiltração das águas das chuvas, sendo este processo de infiltração de grande importância na recarga da água no subsolo. (CHIOSSI,1979). Desta forma entende-se que o aumento da permeabilidade do solo deve se tornar prioridade.

4.1 Métodos Estruturais

Os piscinões (reservatórios) são excelentes exemplos de métodos estruturais em função de reduzir enchentes. E Foram criados como soluções de curto prazo para o amortecimento do pico de cheias, ou seja, armazenamento da água excedente dos rios e de drenagem urbana no período de chuvas, liberando-a aos poucos, após o final da chuva, de forma controlada para evitar inundações. É importante ressaltar que a implantação de piscinões como medida de combate a enchentes e inundações são de extrema importância e utilidade, mas não se deve considerar como solução única e suficiente. Principalmente pela dificuldade de utilização desta solução, diferentemente das cidades de países desenvolvidos, os piscinões das regiões metropolitanas, como Rio de Janeiro e São Paulo, enfrentam o problema da enorme carga de poluição das águas superficiais e falta de manutenção do governo, o que reduz sua eficácia.

Os tuneis de drenagem são outro exemplo que compõe a categoria de método estrutural de drenagem. Os tuneis oferecem algo parecido com os piscinões, sendo que ao invés de servir com reservatórios, ele servirá como canalização para uma bacia hidrográfica maior. Como por exemplo, o túnel de drenagem do Rio Joana, a obra permite que parte das águas do Joana seja despejada diretamente na Baía de Guanabara, evitando tanto a sobrecarga na Bacia do Canal do Mangue quanto as enchentes na região da Praça da Bandeira. Porém, assim como os piscinões, os tuneis de drenagem sofrem devido a poluição em grande escala e a falha em manutenção.

Outra alternativa é o asfalto permeável, sendo uma tecnologia relativamente “nova”, pouco se ouve sobre ela. O asfalto permeável como medida mitigadora no combate a enchentes e inundações abrange benefícios ao meio ambiente com a recarga de lençol

freático, aumento da umidade nas áreas verdes urbanas e melhora da qualidade da água infiltrada, retendo impurezas (TUCCI, 2003; TUCCI; BERTONI, 2003). Uma das principais alegações contra o uso do asfalto permeável está na aplicação onerosa e retorno financeiro abaixo do esperado. Novas tecnologias tendem a ser onerosas e o asfalto permeável tende a pagar-se com o tempo, sobretudo pela redução de obras de drenagem.

Outras alternativas podem ser encontradas se procuradas, porém as colocadas acima, são as mais viáveis e utilizadas pelo governo. E por isso vale ressaltar que apenas os métodos estruturais sozinhos, não são eficazes. Devendo estar sempre vinculados com outros métodos, sejam eles estruturais ou não estruturais.

4.2 Métodos Não Estruturais

Os métodos não estruturais se baseiam principalmente na conscientização populacional e no posicionamento do governo. Seja essa conscientização feita pelas escolas, como aula de educação ambiental ou palestras ao ar livre proporcionadas pelo governo. Porém quando é dito posicionamento do governo, sugere-se sistemas de alerta e previsão de inundações e leis que incentivem a população.

Existem vários modos de “incentivar” uma população, o Japão por exemplo, oferece programas de assistência para construção de cisternas pequenas, cujos incentivos podem variar de 19.000 a 100.000 ienes (que equivalem até 3.560 reais, no valor da moeda em junho de 2019). O que ocasionaria numa diminuição de água pluvial nas ruas. (HAGEMANN, 2009).

Por último e não menos relevante, deve-se considerar o aumento das margens dos rios em APP (área de preservação permanente) e fiscalizar para que realmente seja posto em prática, pois são essas áreas verdes que auxiliarão na absorção da água na época de cheias, reabastecendo os lençóis freáticos e reduzindo o risco de enchentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível constatar que problemas relacionados às inundações nas grandes cidades do Brasil têm aumentado consideravelmente, devido ao crescimento das cidades em ritmo desordenado, falta de conscientização da população e falta de planejamento urbano.

É sugerido que o poder público ponha em prática as medidas estruturais e não estruturais, em conjunto. As técnicas construtivas convencionais já utilizadas devem permanecer e ser aperfeiçoadas, pois contribuem na redução do acúmulo de água pluvial nas ruas. Deve-se também reforçar as leis que já existem como a APP e conscientizar e incentivar as pessoas sobre o acúmulo de lixo e em como podem ajudar a reduzir o risco de enchentes.

REFERÊNCIAS

CARMO, Wagner José Elias; MARCHI, Luciana Favalessa De. **Uma visão holística do plano diretor de drenagem urbana**. Revista Jus Navigandi, Teresina, 22 nov. 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/25944>. Acesso em: 23 de junho de 2019.

CHIOSSI, N. J. **Geologia aplicada à engenharia**. 2 ed. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1979.

GAROTTI, Leonardo Monteiro; BARBASSA, Ademir Paceli. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 19-28, mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=18098&t=publicacoes>. Acesso em: 23 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico – PNSB: Tabelas – 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados> Acesso em: 23 jun. 2019.

HAGEMANN, Sabrina E. **Avaliação da Qualidade da Água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

MARTINS, José Rodolfo Scarati. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente. **DAEE**. São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.dae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidraulic/gestaodrenagem.pdf Acesso em: 24 jun. 2019.

SALE, Hammond; NORRIS, Sabrina. Uma introdução ao sistema de águas pluviais do Rio de Janeiro. **RioOnWatch**. Rio de Janeiro, 2016.

SÃO PAULO. Secretária Municipal De Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos**. São Paulo: SDMU, 2012. v. 1, 3.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem urbana. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23 jun. 2019.

TUCCI, Carlos. E; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.

Submetido em: 25/06/2019

Aprovado em: 11/10/2019