

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E MODELAGEM HIDROLÓGICA DE CENÁRIOS – ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DO BARREIRO - BELO HORIZONTE

Bárbara Giarola Figueiredo¹; Matheus Oliveira Xavier²; Ana Letícia Pilz de Castro³

RESUMO

As inundações são fenômenos naturais que consistem na elevação do nível d'água em tal magnitude que as águas não se limitam ao seu contorno natural e extravasam para áreas marginais. Nos últimos anos esses fenômenos têm tido sua frequência e magnitude alteradas principalmente em consequência das modificações do uso do solo em zonas urbanas. A cidade de Belo Horizonte tem seu primeiro registro de inundação datado no ano de 1928, causada pelo transbordamento do Ribeirão Arrudas, na região do Barreiro. Desde então o cenário da região ainda conta com constantes inundações de consequências cada vez mais severas. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é analisar a situação das enchentes na região, além de calcular e dimensionar um reservatório de detenção para armazenamento temporário das águas pluviais. No desenvolvimento do estudo foi utilizado o software QGis para a geração de mapas e obtenção de informações a respeito da forma e relevo da bacia, além da ferramenta Excel para os cálculos e análise dos dados. Os resultados obtidos nos mostram que a mancha de inundação pode atingir uma área de 335.450,49 m². Foram estipulados diferentes volumes do reservatório para períodos de retorno de 50 e 100 anos que variaram de 77.729,716 m³ a 1.407,322 m³. Fixando-se as alturas entre 2 m e 4,5 m e as durações das chuvas entre 1 e 2 horas, as áreas para implementação do reservatório variaram entre 2.949,46 m² até 12.398,48 m² nos diferentes cenários.

Palavras-Chave: Drenagem Urbana, Bacias Urbana, Reservatório de detenção.

ABSTRACT

Floods are natural phenomena that consist in the elevation of the water level in such a magnitude that the waters are not limited to their natural contour and overflow to marginal areas. In recent years, these phenomena have had their frequency and magnitude changed mainly as a result of changes in land use in urban areas. The city of Belo Horizonte has its first record of flooding dated in 1928, caused by the overflow of Ribeirão Arrudas, in the Barreiro region. Since then, the region's scenario still has constant floods with increasingly severe consequences. In this sense, the objective of the work is to analyze the situation of the floods in the region, in addition to calculating and dimensioning a detention reservoir for temporary storage of rainwater. No development of the study was used the software QGis to generate maps and obtain information about the shape and relief of the basin, and an Excel tool for calculations and data analysis. The results obtained show us that a flood spot can reach an area of 335,450.49 m². Different reservoir volumes were stipulated for return periods of 50 and 100 years, ranging from 77,729,716 m³ to 1,407,322 m³. Set as heights between 2 m and 4.5 m, and as rain durations between 1 and 2 hours as areas for the implementation of the reservoir, they ranged from 2,949.46 m² to 12,398.48 m² in different scenarios.

Keywords: Urban Drainage, Urban Basins, Detention Reservoir.

¹ Graduanda em Engenharia Civil - UFOP, CEP 35400-000 Ouro Preto - MG. Correio eletrônico: barbara.figueiredo@aluno.ufop.edu.br

² Eng Civil, Prof. Msc. UFOP - Depto. Arquitetura, CEP 35400-000 Ouro Preto - MG. Correio eletrônico: mateus.xavier@ufop.edu.br

³ Eng^a Sanitarista e Ambiental, Prof^a. Dr^a. UFOP – Depto. Eng. Civil, CEP 35400-000 Ouro Preto - MG. Correio eletrônico: anacastro@ufop.edu.br

INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2009) o aumento das cidades no Brasil se intensificou por volta dos anos 70 e aconteceu sem planejamento urbano adequado, o que resultou em zonas periféricas com a infraestrutura deficiente quando comparada as áreas centrais.

Na capital mineira, Belo Horizonte, o crescimento desenfreado se iniciou antes mesmo das demais cidades brasileiras. Nos anos 50 a sua ocupação já ultrapassava o limite projetado e como consequência, a cidade começou a sofrer cedo com as enchentes (SUDECAP).

O Barreiro é mais antigo que a própria cidade de Belo Horizonte (FERREIRA, 2016). Antigamente conhecido como Fazenda Barreiro, o crescimento da região fez-se devido à desapropriação da Fazenda para servir como colônia do abastecimento agrícola e abastecer Belo Horizonte. Lá instalou-se a indústria siderúrgica Mannesmann (1940) e atraiu grande parte da população operária (AMORIM, SILVA, & CARDOSO). Com a urbanização em crescimento, aumentaram-se também os impactos ambientais na área, mudando assim sua dinâmica natural.

Nesse sentido, Guerra & Cunha (2006) apontam que “as cidades constituem hoje o maior exemplo de degradação ambiental, colocando em risco a segurança e a qualidade de vida de sua população, constituindo um palco de embates ecológicos”. Júnior e Santos defendem ainda que “Os principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas são diversos, vão desde aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial, devido ao lançamento de sólidos nos rios, galerias e canais até a inexistência de legislações”.

A redução dos processos de infiltração gera como consequência o aumento dos volumes escoados superficialmente e a aceleração do escoamento, que causam um aumento dos picos dos hidrogramas (NUNES, 2018).

As tentativas de reduzir impactos da urbanização com o uso do sistema clássico de drenagem que são concebidos de forma a afastar rapidamente as águas pluviais tem-se mostrado ineficientes e insuficientes. Nesse contexto, surgiram as técnicas compensatórias ou alternativas, que visam trabalhar com estratégias de retenção e/ou infiltração, buscando reproduzir o cenário de pré-urbanização.

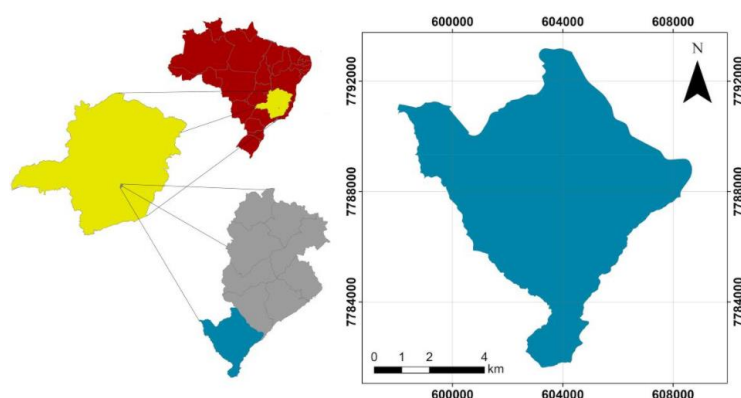
O presente trabalho tem então como objetivo estudar o dimensionamento de um reservatório de detenção como alternativa sustentável para minimizar os impactos das enchentes urbanas na região do Barreiro em Belo Horizonte.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A região do Barreiro está localizada a sudoeste de Belo Horizonte, como demonstrado na Figura 1. Faz limite com os municípios de Contagem, Ibirité, Brumadinho e Nova Lima (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, s.d.). A população da região é de aproximadamente 300 mil habitantes em seus 53 km² e compreende os bairros Araguaia, Barreiro de Cima, Bonsucesso, Brasil Industrial, Cardoso, Conjunto Habitacional Bonsucesso, Conjunto Habitacional Flávio de Oliveira, Conjunto Habitacional Teixeira Dias, Diamante, Flávio Marques Lisboa, Milionários, Olhos D'Água, Pilar, Pongelupe, Santa Helena, Serra do José Vieira, Solar, Urucaia e Vila Cemig (FERREIRA, 2016).

Figura 1- Localização da região do Barreiro, Belo Horizonte – MG.



A região do Barreiro está inserida na Bacia do Ribeirão Arrudas e é cortada pelo Ribeirão de mesmo nome, como demonstrado na Figura 2. O Ribeirão tem sua nascente em Contagem e desagua em Sabará, totalizando 40 km de extensão.

Figura 2 - Localização da Bacia do Ribeirão Arrudas



Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica e processamento de dados

Para a elaboração do seguinte trabalho foi necessário realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica em estudo, levantando as características necessárias para a interpretação dos resultados. Foi calculado seu coeficiente de compactidade (K_c), o fator de forma (K_f), índice de circularidade, declividade média da bacia e do rio principal, altitude, densidade de drenagem (D_d), comprimento do curdo d'água principal e ordenamento dos cursos d'água.

A área de estudo foi demarcada levando em consideração as áreas de inundação que constam no banco de dados do site BH Map, disponível no site da Prefeitura de Belo Horizonte. Posteriormente foi extraída toda a base de dados através do software QGIS versão 3.18.2.

Obtenção das intensidades de precipitação

Foi sugerido pelo Manual de Instrução Técnica para a Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem Urbana no Município de Belo Horizonte (2004) a utilização da equação de Pinheiro e Naghettini (1998) para o cálculo de intensidade de precipitações:

$$I = 0,76542 \times D^{-0,7059} \times P^{0,5360} \times \mu_{T,d} \quad (1)$$

Onde:

I = intensidade da chuva (mm/h);

P = precipitação total anual (mm);

D = duração da chuva (horas);

$\mu_{T,d}$ = quantil adimensional de frequência regional associado ao período de retorno T e à duração d (tabelado).

Para a obtenção dos diferentes valores de quantis adimensionais para diferentes períodos de retorno e durações de chuvas, foi feito o uso da Tabela 1, calculada com o auxílio da ferramenta Excel.

Tabela 1 - Quantis adimensionais $\mu_{(T,d)}$.

Durações	$\mu_{(T,d)}$							
	Período de retorno (anos)							
	1,05	1,25	2	10	20	50	100	200
10 minutos	0,691	0,828	1,013	1,428	1,586	1,791	1,945	2,098
15 minutos	0,695	0,830	1,013	1,422	1,578	1,780	1,932	2,083
30 minutos	0,707	0,836	1,013	1,406	1,557	1,751	1,897	2,043
45 minutos	0,690	0,827	1,013	1,430	1,589	1,795	1,949	2,103
1 hora	0,679	0,821	0,014	1,445	1,610	1,823	1,983	2,143
2 horas	0,683	0,823	0,014	1,439	1,602	1,813	1,970	2,128
3 horas	0,679	0,821	0,014	1,445	1,610	1,823	1,983	2,143
4 horas	0,688	0,826	0,013	1,432	1,591	1,798	1,953	2,108
8 horas	0,674	0,818	0,014	1,451	1,618	1,834	1,996	2,157
14 horas	0,636	0,797	0,016	1,503	1,690	1,931	2,112	2,292
24 horas	0,603	0,779	0,017	1,550	1,754	2,017	2,215	2,412

Fonte: Pinheiro e Naghettini (1998)

Para o estudo de projetos de drenagem na região de Belo Horizonte, a Prefeitura de Belo Horizonte (2004) recomenda utilizar a média de precipitação anual de 1500 mm. Neste trabalho, seguiremos como base as diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo.

Cálculo das vazões de contribuição

Com o auxílio do software QGIS e da ferramenta Excel foi possível dimensionar a área da bacia em estudo no valor de 20,188 km². De acordo com as Diretrizes de projeto para estudos hidrológicos - Método de "I-Pai-Wu" (1999), a área em questão se enquadra no método citado e, portanto, temos que:

$$Q = 0,278 . C . I . A^{0,9} . K \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão em m³/s;

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade em mm/h;

A = área da bacia em km²;

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

Como o Método I – Pai – Wu admite bacias maiores e mais longas, conseqüentemente considera também que o tempo de concentração da chuva poderá ser superior ao período de pico (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A Superintendência de Projetos Públicos de São Paulo (1999) recomenda os seguintes métodos para o cálculo do coeficiente de forma da bacia (C1):

$$C1 = \frac{t_p}{t_c} \quad (3)$$

Onde:

t_p = Tempo de pico;

t_c = Tempo de concentração;

$$C1 = \frac{4}{2 + F} \quad (4)$$

Onde:

F = Fator de forma da bacia;

O fator de forma (F) é uma relação direta da bacia com um círculo perfeito de mesma área, onde, se estabelecida a condição $F =$ ou $F > 1$ significaria que a bacia admitiria forma circular ou arredondada e $F < 1$ que a bacia admitiria forma mais estreita (Profa. Dra. DANÚBIA CAPORUSSO BARGOS, 2019).

Ainda recomendado Superintendência de Projetos Públicos de São Paulo (1999), obtém-se o valor do Fator de Forma através da seguinte equação:

$$F = \frac{L}{2 * \frac{A^{0,5}}{\pi}} \quad (5)$$

Onde:

L = Comprimento da bacia (km);

A = Área de Contribuição da bacia (Km)

O Coeficiente Volumétrico de Escoamento é calculado considerando o grau de impermeabilidade do solo, que é classificado como baixo, médio e alto, conforme a Tabela 2:

Tabela 2 - Valores recomendados pelo DAEE para o coeficiente C

Uso do solo ou Grau de Urbanização	Valores de C	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plastações, pastos, etc.	0,20	0,35

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

Para o cálculo do coeficiente da bacia, foi utilizada a seguinte equação (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999):

$$C = \frac{2}{1+F} * \frac{C2}{C1} \quad (6)$$

Dimensionamento do Reservatório de Detenção

Wilken (1978) apresenta um cálculo baseado no Método de Muller – Neuhaus para o dimensionamento de bacia de detenção, onde o volume é dado por:

$$V = Q_p * t_c * K \quad (7)$$

Onde:

V = Volume do Reservatório (m³)

Q_p = Vazão calculada (m³/s)

t_c = Tempo de concentração (minutos)

K = Fator de volume

Wilken (1978) determina ainda a relação entre K e ε na forma da expressão abaixo:

$$K = \log \frac{1}{\varepsilon} \quad (8)$$

Onde:

$$\varepsilon = \frac{Q_e}{Q_p} \quad (9)$$

Q_e = vazão do efluente (m³/s)

Q_p = vazão calculada (m³/s)

A vazão do efluente Q_e é calculada a partir do dispositivo de saída do reservatório, que no caso, se dará por um orifício. Moreira (2019) recomenda para o cálculo do orifício a seguinte equação:

$$Q_e = C_d * A_0 * \sqrt{2gh} \quad (10)$$

Onde:

Q_e = Vazão efluente (m³/s)

C_d = Coeficiente de descarga

A₀ = Área do orifício (m)

G = Aceleração da gravidade (m/s²)

h = Altura média de lâmina d'água acima o eixo central do orifício(m)

Para o tempo de concentração, temos que:

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (11)$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração (min)

L = Comprimento do talvegue (km)

H = Diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório (m)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

Os dados relacionados à forma da bacia foram obtidos com o auxílio do software QGis e calculados através da ferramenta Excel. Os resultados podem ser observados na Tabela 3:

Tabela 3 - Dados da Bacia em estudo.

Caracterização física de bacias hidrográficas		
Quanto à Forma	Área total (m ²)	20.878.376,987
	Perímetro (m)	37.128,998
	Comprimento axial a bacia (La)	9.840,824
	Coefficiente de compacidade (Kc)	2,275
	Fator de forma (Kf)	0,151
	Índice de circularidade (IC)	0,190
Características de Relevo	Orientação	S-N
	Altitude mínima (m)	918,796
	Altitude média (m)	1.126,859
	Altitude máxima (m)	1.502,813
	Amplitude altimétrica da bacia	584,016
	Declividade mínima (%)	0,013
	Declividade média (%)	17,870
	Declividade máxima (%)	109,873
Características da Rede de Drenagem	Declividade média do curso d'água principal (m/m)	0,050
	Número de ordens de cursos d'água	4,000
	Comprimento do curso d'água principal (m)	11.776,300
	Comprimento total dos cursos d'água (m)	16.653,400
	Densidade de drenagem	0,001

Com o valor de $Kc = 2,275$, temos que a forma da bacia é mais estreita. O fator de forma (Kf) = 0,151, demonstra que a bacia em estudo é propensa a ter inundações.

Após a aquisição dos dados da tabela anterior, ainda com auxílio do software QGis e utilizando-se do banco de dados do BHMmaps obteve-se a mancha de inundação na Figura 3, possibilitando o cálculo da área total e o número de edificações atingidas pela inundação.

Figura 3 - Limite da área de inundação na região do Barreiro



Ao todo, 285 estabelecimentos estão situados em 335.450,49 m² de área de inundação. Os estabelecimentos atingidos são descritos em função das suas atividades na Tabela 4:

Tabela 4 - Estabelecimentos atingidos pela mancha de inundação.

Academia	1
Atividades Economicas	236
Empresa de pequeno porte	23
Empresas outros portes	23
Escola Municipal Ensino Fund	1
Quadra Poliesportiva	1

Obtenção dos volumes e áreas necessárias para implementação do reservatório

De acordo com Moreira (2019) a média pluviométrica (P) de Belo Horizonte é de 1500 mm/ano. Foi possível, com a ajuda da ferramenta Excel, encontrar diferentes intensidades de precipitação ($i_{T,t_r,j}$) para diferentes tempos de retorno (T) e duração de chuva (t_r), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Intensidade de chuva.

Duração (h)	Intensidade de chuva (mm/h)							
	Período de retorno (anos)							
	1,05	1,25	2	10	20	50	100	200
0,167	94,419	113,139	138,418	195,124	216,713	244,724	265,767	286,673
0,25	71,329	85,184	103,965	145,941	161,952	182,683	198,283	213,781
0,5	44,484	52,600	63,737	88,464	97,965	110,171	119,357	128,544
0,75	32,608	39,083	47,873	67,580	75,094	84,829	92,107	99,384
1	26,191	31,669	0,540	55,738	62,103	70,319	76,490	82,662
2	16,151	19,462	0,331	34,029	37,884	42,873	46,586	50,322
3	12,060	14,582	0,249	25,666	28,596	32,380	35,221	38,063
4	9,974	11,975	0,188	20,760	23,065	26,066	28,313	30,561
8	5,990	7,270	0,124	12,896	14,380	16,300	17,740	19,171
14	3,808	4,772	0,096	8,999	10,119	11,562	12,645	13,723
24	2,468	3,188	0,070	6,343	7,178	8,255	9,065	9,871

Foram considerados ainda os seguintes resultados dos cálculos já apresentados:

$$C1 = 0,934$$

$$F = 2,284$$

Considerando $C2 = 0,80$, temos:

$$C = 0,522$$

$$K = 0,96$$

Com o auxílio da ferramenta Excel, foi possível preencher a seguinte Tabela 6:

Tabela 6 - Vazão de Pico.

Duração	Vazão de pico pelo Método I-Pai Wu (m^3/s)							
	Período de retorno (anos)							
	1,05	1,25	2	10	20	50	100	200
10 minutos	202,599	242,767	297,009	418,686	465,011	525,116	570,269	615,128
15 minutos	153,053	182,783	223,083	313,153	347,507	391,992	425,465	458,719
30 minutos	95,451	112,867	136,763	189,821	210,208	236,399	256,111	275,822
45 minutos	69,969	83,862	102,723	145,008	161,132	182,021	197,637	213,254
1 hora	56,200	67,953	1,159	119,600	133,257	150,886	164,129	177,372
2 horas	34,657	41,761	0,710	73,017	81,288	91,995	99,961	107,979
3 horas	25,878	31,290	0,534	55,072	61,361	69,478	75,576	81,674
4 horas	21,402	25,695	0,404	44,546	49,492	55,932	60,753	65,575
8 horas	12,854	15,600	0,267	27,672	30,857	34,976	38,066	41,136
14 horas	8,171	10,239	0,206	19,309	21,712	24,808	27,133	29,446
24 horas	5,295	6,841	0,149	13,611	15,403	17,712	19,451	21,181

Para o dimensionamento do reservatório, foram realizados os cálculos da vazão do efluente (Q_e) e do tempo de concentração (t_c), apresentados a seguir, respectivamente:

$$Q_e = 2,74 m^3/s$$

$$t_c = 84,71 \text{ minutos}$$

Para o valor de Q_e , foi utilizada a recomendação de Porto (2006) para $C_d = 0,6$, $A_0 = 0,5 m^2$, $g = 9,81 m^2/s$ e $h = 4 m$. Para a área do orifício, foi considerado o estudo do Piscinão de Pacaembu que tem a capacidade de armazenar até $74.000 m^3$, vista que, assim como no seguinte estudo, comporta grande quantidade de água. Assim, foi possível obter a Tabela 7, com diferentes volumes do reservatório para diferentes períodos de retorno.

Tabela 7 - Volume do Reservatório.

Duração	Volume do Reservatório (m^3)			
	Período de retorno (anos)			
	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
10 minutos	77.729,716	88.131,456	101.879,357	112.375,995
15 minutos	54.780,038	62.125,004	71.820,668	79.240,662
30 minutos	29.697,678	33.678,712	38.899,774	42.900,438
45 minutos	21.245,133	24.234,474	28.195,347	31.214,862
1 hora	16.672,026	19.107,637	22.327,607	24.796,957
2 horas	8.848,436	10.172,721	11.932,760	13.272,562
3 horas	6.100,345	7.041,841	8.292,137	9.254,624
4 horas	4.585,608	5.287,132	6.227,564	6.949,878
8 horas	2.362,200	2.758,161	3.288,162	3.697,554
14 horas	1.391,858	1.659,018	2.017,684	2.296,552
24 horas	805,429	981,737	1.220,293	1.407,322

Para que o reservatório funcione de forma eficaz, é aconselhado que se utilize o tempo de retorno de 50 a 100 anos (DAEE/CETESB, 1980). A utilização de períodos considerados longos confere maior confiabilidade ao projeto, prevendo possíveis eventos de enchentes e inundações.

Nesse sentido, foi utilizada a ferramenta Excel para obtenção de uma tabela com sugestões de áreas de base e alturas para o reservatório, considerando os períodos de retorno de 50 e 100 anos. Como o tempo de concentração de chuva de calculado foi de 84,71 minutos, foram calculadas áreas sugeridas do reservatório considerando 1 e 2 horas de duração da chuva e alturas com valores e 2 m a 4,5 m, conforme a Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8 - Medidas sugeridas para o reservatório; Tempo de Concentração = 2 horas.

Medidas sugeridas para o reservatório		
Alturas (m)	Tempo de Concentração = 2 horas	
	ÁREA DA BASE (m ²)	
	Período de retorno (anos)	
	50 anos	100 anos
2	5.966,38	6.636,28
2,5	4.773,10	5.309,02
3	3.977,59	4.424,19
3,5	3.409,36	3.792,16
4	2.983,19	3.318,14
4,5	2.651,72	2.949,46

Tabela 9 - Medidas sugeridas para o reservatório; Tempo de Concentração = 1 hora.

Medidas sugeridas para o reservatório		
Alturas (m)	Tempo de Concentração = 1 hora	
	ÁREA DA BASE (m ²)	
	Período de retorno (anos)	
	50 anos	100 anos
2	11.163,81	12.398,48
2,5	8.931,04	9.918,78
3	7.442,54	8.265,65
3,5	6.379,32	7.084,85
4	5.581,90	6.199,24
4,5	4.961,69	5.510,44

CONCLUSÃO

Considerando somente a área da mancha de inundação, o evento ocasionaria danos em, no mínimo, 285 estabelecimentos, além de inúmeras edificações residenciais, atingindo uma área de 335.450,49 m².

Os volumes e áreas encontrados tiveram significativas variações quando se alterou o período de retorno e o tempo de duração das chuvas, o que mostra a importância de se adotar às recomendações encontradas na literatura para a execução de obras dessa magnitude.

Os grandes valores de volumes e áreas necessárias para o armazenamento das águas pluviais nos mostra que um único reservatório pode ser difícil de ser executado, visto que teríamos um grande problema para encontrar a área para implementação.

Para complementar o estudo poderiam ser feitas análises de viabilidade da construção abordando a localização do reservatório e a divisão da bacia em sub-bacias, bem como o dimensionamento do reservatório de forma fracionada o que resultaria em um número maior de reservatórios, porém, com menores áreas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), por meio do Departamento de Arquitetura (DEARQ) e do Departamento de Engenharia Civil (DECIV) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. C., SILVA, P. N., & CARDOSO, L. (s.d.). *A urbanização e seus impactos ambientais: um estudo de caso do uso e ocupação do solo do bairro Solar na região do Barreiro, Belo Horizonte*. Belo Horizonte.

CARDOSO, C. A., DIAS, H. C., SOARES, C. P., & MARTINS, S. M. (2006). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan. *Revista Árvore*.

DAEE/CETESB. (1980). *Drenagem Urbana*.

FERREIRA, P. (1 de agosto de 2016). *Região do Barreiro, mais antiga do que a própria Belo Horizonte, comemora 161 anos*. Fonte: Estado de Minas Gerais: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/08/01/interna_gerais,790025/regiao-do-barreiro-mais-antiga-do-que-a-propria-belo-horizonte-comem.shtml

GUERRA, A. J., & CUNHA, S. B. (2006). Ocupação do Solo e Riscos Ambientais na Área Conurbada de Florianópolis. Em A. J. Guerra, & S. B. Cunha, *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil* (pp. 147-188). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

JÚNIOR, V. J., & SANTOS, C. O. (s.d.). A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações. *Estação Científica UNIFAP*.

MOREIRA, K. C. (2019). Dimensionamento de um reservatório de detenção: Estudo de caso da região da Avenida Vilarinho. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

PORTO, R. D.-E. (2006). *Hidráulica básica*. São Carlos.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2004). *Manual SUDECAP Drenagem Urbana*. Belo Horizonte, Minas Gerias, Brasil.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2019). *Prefeitura executa obra de prevenção de enchentes na região do Barreiro*. Fonte: Prefeitura Belo Horizonte: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-executa-obra-de-prevencao-de-enchentes-na-regiao-do-barreiro>

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (s.d.). *Prefeitura de Belo Horizonte*. Fonte: Coordenadoria de Atendimento Regional Barreiro: <https://prefeitura.pbh.gov.br/barreiro>

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. (1999). *Diretrizes de projeto para estudos hidrológicos Método de "I-Pai-Wu"*.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. (s.d.). *Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no município de São Paulo*.

Profa. Dra. DANÚBIA CAPORUSSO BARGOS. (2019). *Caracterização de Bacias Hidrográficas*.
Fonte: Universidade de São Paulo:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4641496/mod_resource/content/1/aula%204_LOB1233.pdf

SCHILCKMANN, R. D., & BACK, Á. J. (s.d.). Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros.

SILVA, P. D. (2006). Bacia Hidrográfica. Em *Hidrologia*.

TUCCI, C. E. (2009). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: UFRGS.

VILLAÇA, F. (2001). *Espaço intra-urbano no Brasil*. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute.

WILKEN, P. S. (1978). *Estruturas hidráulicas singulares*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB.