

SISTEMA DE RETENÇÃO EM LOTES PARA MINIMIZAR CHEIAS NA BACIA DO CÓRREGO CACHOEIRINHA- BELO HORIZONTE - MG

Flávia Rocha França, Márcia Maria Guimarães
Engenheira Civil, flaviarochaf@live.com

RESUMO

A ocupação urbana, associada ao inadequado uso do solo e planejamento de sistemas de drenagem conduz, à luz dos critérios de projetos “higienistas”, ao incremento da vazão devido à impermeabilização, resultando aumentos na frequência e magnitude das inundações. Para minimizar os impactos é necessário métodos alternativos de amortecimento dos picos de cheias, como o controle nos lotes (on-site stormwater detention) armazenando água pluviais em reservatórios residenciais. Simulações mostraram que para a chuva crítica com TR=10 anos, 74,4% das residências terão que armazenar 3 m³ de água para reduzir 100% do volume excedente do córrego Cachoeirinha. Concluiu-se ser um método eficiente na amortização de hidrogramas de cheias e complementar a outras técnicas de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de drenagem, Controle de cheias, Retenção de água pluvial, Drenagem sustentável, Drenagem urbana.

INTRODUÇÃO

A falta de planejamento urbano ou o descumprimento das legislações dos municípios na ocupação das cidades agrava os problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais, que reflete os impactos no meio ambiente e na sociedade que nela se encontram. Esses impactos ocorrem principalmente devido ao uso inadequado do solo, que substitui sua vegetação com edifícios, ruas e calçadas pavimentadas, fazendo com que o ambiente perca sua capacidade natural de infiltração e evapotranspiração da água nos episódios de chuva e, também, a recarga do lençol freático, alterando assim o ciclo hidrológico natural presente no local (TUCCI, 2016).

Assim, os principais efeitos causados pela urbanização e a impermeabilização do solo são o aumento do volume escoado, a antecipação do pico cheias das bacias e do aumento da vazão máxima nos hidrogramas, elevando a frequência e a magnitude das enchentes nos centros urbanos, já que a água que antes era infiltrada no solo, agora é forçada a se deslocar nas superfícies impermeáveis presentes nos centros urbanos.

A drenagem urbana convencional, conhecida também como “higienista”, surge da necessidade de se direcionar as águas provenientes das chuvas nos centros urbanos o mais rápido possível para o corpo de água receptor. Devido aos impactos causados pela urbanização desorganizada e às canalizações e obstruções dos percursos naturais, se fez necessário sistemas de drenagem para conduzir esses deflúvios (SILVA, 2004).

“Há que se destacar uma forte tendência da adoção de medidas estruturais, as quais não são projetadas para dar proteção total e definitiva para a população residente. Esse tipo de medidas cria uma falsa sensação de segurança, levando a população e as autoridades públicas a acreditarem que poderão ocupar áreas inundáveis, levando a futuros impactos e prejuízos sociais, econômicos e ambientais.” (GUIMARÃES, 2018; pg. 108).

No município de Belo Horizonte, as obras de drenagem urbanas adotadas para solucionar os problemas locais de inundações ou para a implantação das avenidas “sanitárias” foram executadas seguindo as hipóteses “higienistas”. As canalizações e retificações dos inúmeros cursos de água da cidade provocam estrangulamento do fluxo, transbordamentos e inundações. A conjuntura dada por essa política e pelo processo de crescimento urbano descontrolado resultou em problemas frequentes e graves de inundação urbana, configurando crises de funcionamento do sistema de drenagem (GUIMARÃES, 2018).

A ocupação da bacia do córrego Cachoeirinha (**Figura 1**), que drena uma área de 15,79 km² e conta com 43.527 residências pertencentes a região nordeste de Belo Horizonte, também seguiu esse modelo “higienista”. Ao longo do tempo, a calha fluvial do córrego Cachoeirinha foi sendo regularizada e canalizada, ajustando-se ao traçado do sistema viário das avenidas Bernardo Vasconcelos, Cristiano Machado e por último, a construção da Linha Verde. Hoje em dia, essa bacia encontra-se quase que totalmente urbanizada, com altíssimos índices de impermeabilização e com um aumento significativo da frequência de inundações nesse local.

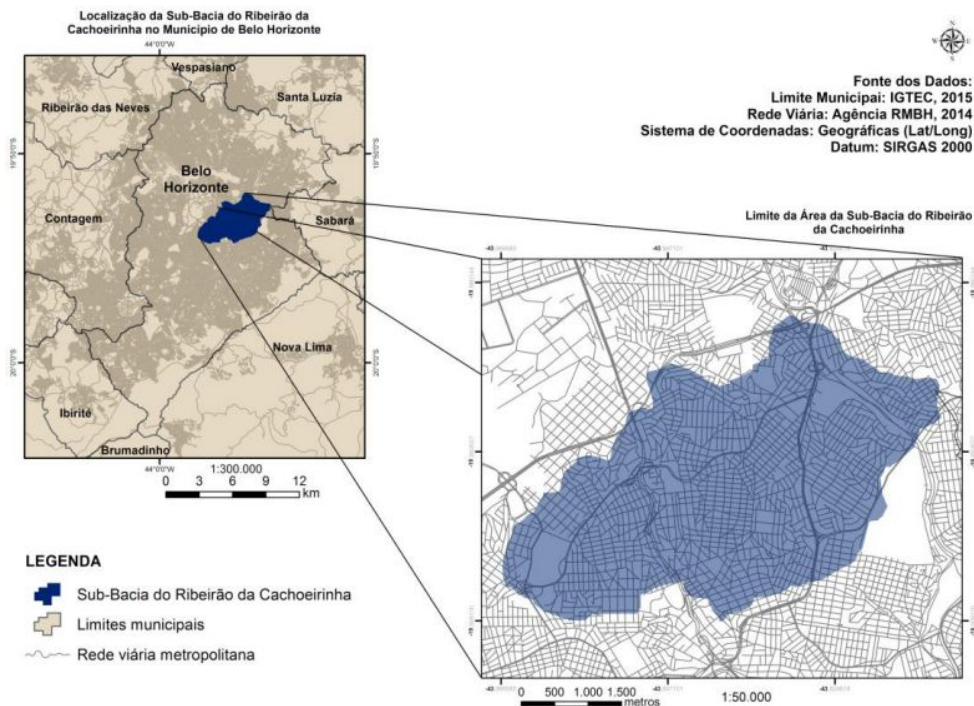


Figura 1: Bacia hidrográfica do córrego Cachoerinha em Belo Horizonte – M.G
Fonte: PENA e LADISLAU (2017).

Tucci (1997, p. 625) diz que “*É ingenuidade do homem imaginar que poderia controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas consequências*”. Nesse sentido, é necessário buscar mecanismos alternativos de controle das cheias geradas pela urbanização. Dentre as alternativas que vêm ganhando espaço desde a década de 1980, destacam-se as Melhores Práticas de Gestão (BMP’s – *Best Management Practices*), técnicas com foco no amortecimento dos picos de vazões extremas, e da não-transferência dos problemas para jusante pelo controle do escoamento na bacia, ou controle mais próximo da fonte e não na planície de inundação.

Há várias classificações de medidas compensatórias no controle de águas pluviais, como quanto ao efeito sobre os escoamentos ou sua geração, quanto à localização na bacia hidrográfica, quanto à forma geométrica predominante, entre outras. Porém, existem duas classificações relevantes que explicam e diferenciam esses métodos: o que se refere ao modo de influenciar a geração dos escoamentos pluviais, denominado como métodos estruturais e não estruturais; e o que diferencia a implantação do sistema conforme sua posição na bacia, chamado de técnicas de controle na fonte ou controle centralizado (PROSAB, 2009).

As técnicas compensatórias não estruturais são aquelas em que se procura reduzir as consequências das inundações pela introdução de normas, regulamentos e programas de conscientização da população sobre os dispositivos de drenagem e estabelece recomendações para a criação de áreas verdes e de áreas destinadas à infiltração de águas pluviais. Esse tipo de técnica procura disciplinar a ocupação do solo, o consumo da sociedade e, também, as atividades econômicas relacionadas a drenagem. As medidas mais adotadas são de uso e ocupação do solo, educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo, seguro a enchentes e sistemas de alertas e previsão de inundações (PROSAB, 2009).

As medidas estruturais modificam o sistema buscando reduzir o risco de enchentes, pela implantação de obras de engenharia para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Elas são divididas em técnicas de controle na fonte ou lote, onde são implantadas em pequenas superfícies de drenagem, como em residências, praças e calçadas, sendo elas: poços de infiltração, valas e valetas, micro reservatórios domiciliares e telhados armazenadores; e em técnicas de controle centralizados, que são associados a áreas de grande porte, como bacias de detenção e retenção (BRITO, 2006).

As medidas estruturais de menor custo e impacto, como a implantação de reservatórios de retenção de pequeno porte em residências, por ser implementadas de maneira difusa na bacia, promovem a atenuação das inundações urbanas, por meio da amortização de seus hidrogramas de cheia (GUIMARÃES, 2018).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de um sistema de retenção em lotes (on-site stormwater detention) para a bacia do córrego Cachoeirinha, localizado na região nordeste de Belo Horizonte, em que será verificada a contribuição que a água retida poderá causar no amortecimento dos picos de vazão dos hidrogramas de cheias, por meio da redução dos volumes excedentes no canal desse córrego.

METODOLOGIA

A metodologia adotada se baseia na análise de uma chuva crítica ocorrida em Belo Horizonte no dia 23/11/2011, cujos estudos hidrológicos e hidráulicos foram elaborados pela POTAMOS Eng. e Hidrologia Ltda. para a SUDECAP (2011-a e b), nos quais adotaram-se os seguintes critérios de projeto:

- (i) tempo de concentração calculado pela equação de Kirpich,

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad \text{equação (1)}$$

- (ii) intensidades de precipitações associadas à diversos períodos de retorno e durações de precipitações calculadas pela equação do tipo IDF da RMBH (PINHEIRO, 1997; PINHEIRO e NAGHETTINI, 1998),

$$\hat{I}_{Tr,i} = 0,76542 D^{-0,07059} PA^{0,5360} \mu_{Tr,d} \quad \text{equação (2)}$$

- (iii) adoção do método racional para cálculo das vazões máximas de projeto,

$$Q = \frac{CIA}{3,6} \quad \text{equação (3)}$$

- (iv) durações de eventos pluviométricos iguais à 10, 15, 30 e 45 minutos e 1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 18 e 24 horas,

- (v) simulações hidrológicas realizadas para eventos com períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos,

- (vi) discretização temporal da chuva com até oito horas de duração, de acordo com os Hietogramas de Projeto elaborados para a RMBH (PINHEIRO, 1997; PINHEIRO e NAGHETTINI, 1998),

- (vii) adoção do modelo do hidrograma unitário do SCS para a transformação chuva x vazão, adotando-se $CN = 91,1$,

$$Ia = \frac{S}{5} \quad \text{equação (4)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{equação (5)}$$

$$Q_{excedente} = \frac{(P-Ia)^2}{(P-Ia+S)} \quad \text{equação (6)}$$

- (viii) estabelecimento de duração crítica de chuva para todos os períodos de retorno,

- (ix) estabelecimento de vazões de restrição do canal do córrego Cachoeirinha.

Na modelagem dos processos hidrológicos a empresa POTAMOS utilizou o *software* HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System). Na modelagem do escoamento no canal do córrego Cachoeirinha foi utilizado o *software* HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System). Estes *softwares* são disponibilizados gratuitamente pelo U.S. Army Corps of Engineers no endereço: <http://www.hec.usace.army.mil/software>

Dessa forma, a metodologia deste estudo foi estabelecida a partir do diagnóstico das condições hidrológicas e hidráulicas do sistema de macrodrenagem, onde são estabelecidos, dentre outras informações (Figura 1):

- (1) hidrogramas de cheias,
- (2) tempo de retorno – TR (anos),
- (3) altura de chuva crítica – P (mm),
- (4) duração de chuva crítica – D (horas),
- (5) vazões de projeto associadas a diversos TR – $Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s),
- (6) vazão crítica – $Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s),
- (7) capacidade de vazão do sistema de macrodrenagem – $Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s).

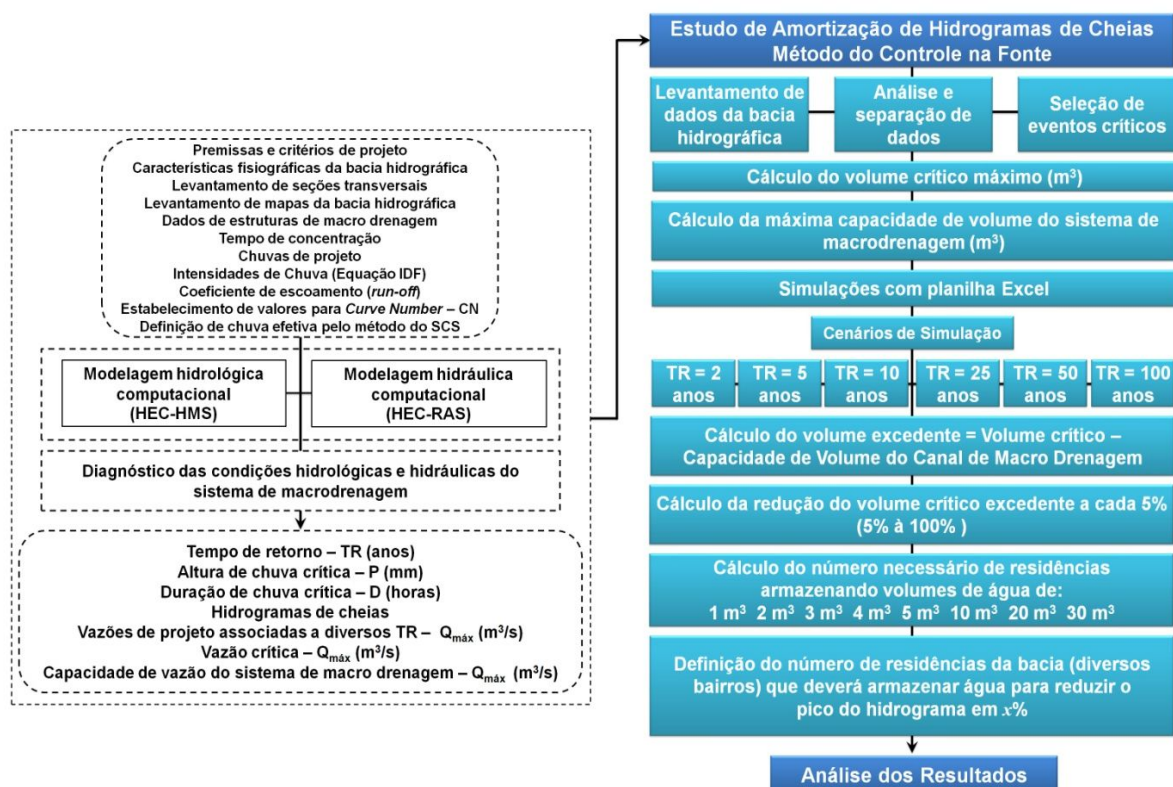


Figura 2: Metodologia para o estudo de amortização de hidrograma de cheias. Fonte: FRANÇA (2018).

Com essas informações, por meio de uma planilha Excel inicialmente são calculados:

- (1) o volume crítico máximo (m^3) gerado pela chuva crítica.
- (2) a máxima capacidade de volume do sistema de macrodrenagem (m^3),
- (3) os volumes de água que o canal de macrodrenagem não consegue transportar gerando inundações, para diversos tempos de retorno – TR.

E, simulados diversos cenários, como:

- (4) redução do volume crítico excedente acumulando retendo água a cada 5% (5% à 100%),
- (5) o número necessário de residências armazenando volumes de água desde pequenas caixas até grandes reservatórios: 1 m^3 , 2 m^3 , 3 m^3 , 4 m^3 , 5 m^3 , 10 m^3 , 20 m^3 e 30 m^3 ,
- (6) O número de residências da bacia que deverá armazenar água para reduzir o pico do hidrograma em x%.

As simulações visam propor um sistema de retenção em lotes para a bacia do córrego Cachoeirinha, cujos dispositivos armazenadores de água pluvial poderão auxiliar no amortecimento dos picos de vazão dos hidrogramas de cheias e, conseqüentemente, na redução dos impactos sociais, econômicos e ambientais provocados pelas constantes inundações nessa região.

RESULTADOS

As vazões de projeto foram obtidas pela SUDECAP (2011-a) por meio do modelo HEC-HMS e as vazões de restrição por meio do HEC-RAS. Foi estabelecido que as chuvas críticas têm durações de 1 e 2 horas de acordo com o período de retorno, e gera as vazões máximas na seção mais a jusante do córrego Cachoeirinha (**Tabela 1**).

Tabela 1. Vazões máximas no córrego Cachoeirinha associados a diversos tempos de retorno.
Fonte: SUDECAP (2011-a, pgs.67-84).

Tempo de Retorno (anos)	Duração Crítica (horas)	Vazão Máxima (m ³ /s)
2	2	91
5	2	118
10	1	167
25	1	213
50	1	256
100	1	295

De acordo com SUDECAP (2011-b), o córrego Cachoeirinha possui duas vazões de restrição: (1) uma para o trecho canalizado aberto, localizado a montante da bacia, cujo valor é de 120 m³/s; (2) outra para o trecho de canal fechado, localizado a jusante, com valor de 140 m³/s. Para que se reduzam as inundações na bacia do córrego Cachoeirinha, por meio da amortização dos hidrogramas de cheias, todo o excesso de água gerado na bacia, ou seja, todo o volume acima da capacidade do canal do córrego Cachoeirinha, que é de 504.000 m³, deverá ser acumulado em pequenos reservatórios residenciais. Os resultados das simulações mostraram que para eventos que ocorrem com tempos de retorno de 2 e 5 anos não é necessário armazenar água pluvial, pois os volumes gerados nesses dois eventos, de 327.600 m³ e 424.800 m³, respectivamente, são menores que a capacidade de suporte do canal do córrego Cachoeirinha. Já o volume gerado para os eventos com tempo de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, foram maiores do que a capacidade de transporte da macrodrenagem, como mostrado na **Tabela 2**.

Tabela 2. Resumo dos volumes gerados e a serem armazenados para vários tempos de retorno.
Fonte: Autoras do Trabalho.

Tempo de retorno (anos)	2	5	10	25	50	100
Volume gerado (m ³)	327600	424800	601200	766780	921600	1062000
Volume a ser armazenado (m ³)	0	0	97200	262800	417600	588000

Diante disso, foi simulado no Excel, o armazenamento da água excedente para as chuvas com tempo de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, como mostradas nas **Tabelas 3 a 6**.

Tabela 3. Simulações de volumes a ser armazenado nas residências, para TR= 10 anos.

Fonte: Autoras do Trabalho.

Redução do volume excedente	Volume excedente (m³)	Volume a ser armazenado (m³)	Número de residências armazenando							
			1 m³	2 m³	3 m³	4 m³	5 m³	10 m³	20 m³	30 m³
5%	92340	4860	4860	2430	1620	1215	972	486	243	162
10%	87480	9720	9720	4860	3240	2430	1944	972	486	324
15%	82620	14580	14580	7290	4860	3645	2916	1458	729	486
20%	77760	19440	19440	9720	6480	4860	3888	1944	972	648
25%	72900	24300	24300	12150	8100	6075	4860	2430	1215	810
30%	68040	29160	29160	14580	9720	7290	5832	2916	1458	972
35%	63180	34020	34020	17010	11340	8505	6804	3402	1701	1134
40%	58320	38880	38880	19440	12960	9720	7776	3888	1944	1296
45%	53460	43740	43740	21870	14580	10935	8748	4374	2187	1458
50%	48600	48600	48600	24300	16200	12150	9720	4860	2430	1620
55%	43740	53460	53460	26730	17820	13365	10692	5346	2673	1782
60%	38880	58320	58320	29160	19440	14580	11664	5832	2916	1944
65%	34020	63180	63180	31590	21060	15795	12636	6318	3159	2106
70%	29160	68040	68040	34020	22680	17010	13608	6804	3402	2268
75%	24300	72900	72900	36450	24300	18225	14580	7290	3645	2430
80%	19440	77760	77760	38880	25920	19440	15552	7776	3888	2592
85%	14580	82620	82620	41310	27540	20655	16524	8262	4131	2754
90%	9720	87480	87480	43740	29160	21870	17496	8748	4374	2916
95%	4860	92340	92340	46170	30780	23085	18468	9234	4617	3078
100%	0	97200	97200	48600	32400	24300	19440	9720	4860	3240

Tabela 4. Simulações de volumes a ser armazenado nas residências, para TR= 25 anos.

Fonte: Autoras do Trabalho.

Redução do volume excedente	Volume excedente (m³)	Volume a ser armazenado (m³)	Número de residências armazenando							
			1 m³	2 m³	3 m³	4 m³	5 m³	10 m³	20 m³	30 m³
5%	249660	13140	13140	6570	4380	3285	2628	1314	657	438
10%	236520	26280	26280	13140	8760	6570	5256	2628	1314	876
15%	223380	39420	39420	19710	13140	9855	7884	3942	1971	1314
20%	210240	52560	52560	26280	17520	13140	10512	5256	2628	1752
25%	197100	65700	65700	32850	21900	16425	13140	6570	3285	2190
30%	183960	78840	78840	39420	26280	19710	15768	7884	3942	2628
35%	170820	91980	91980	45990	30660	22995	18396	9198	4599	3066
40%	157680	105120	105120	52560	35040	26280	21024	10512	5256	3504
45%	144540	118260	118260	59130	39420	29565	23652	11826	5913	3942
50%	131400	131400	131400	65700	43800	32850	26280	13140	6570	4380
55%	118260	144540	144540	72270	48180	36135	28908	14454	7227	4818
60%	105120	157680	157680	78840	52560	39420	31536	15768	7884	5256
65%	91980	170820	170820	85410	56940	42705	34164	17082	8541	5694
70%	78840	183960	183960	91980	61320	45990	36792	18396	9198	6132
75%	65700	197100	197100	98550	65700	49275	39420	19710	9855	6570
80%	52560	210240	210240	105120	70080	52560	42048	21024	10512	7008
85%	39420	223380	223380	111690	74460	55845	44676	22338	11169	7446
90%	26280	236520	236520	118260	78840	59130	47304	23652	11826	7884
95%	13140	249660	249660	124830	83220	62415	49932	24966	12483	8322
100%	0	262800	262800	131400	87600	65700	52560	26280	13140	8760

Tabela 5. Simulações de volumes a ser armazenado nas residências, para TR= 50 anos.

Fonte: Autoras do Trabalho.

Redução do volume excedente	Volume excedente (m³)	Volume a ser armazenado (m³)	Número de residências armazenando							
			1 m³	2 m³	3 m³	4 m³	5 m³	10 m³	20 m³	30 m³
5%	396720	20880	20880	10440	6960	5220	4176	2088	1044	696
10%	375840	41760	41760	20880	13920	10440	8352	4176	2088	1392
15%	354960	62640	62640	31320	20880	15660	12528	6264	3132	2088
20%	334080	83520	83520	41760	27840	20880	16704	8352	4176	2784
25%	313200	104400	104400	52200	34800	26100	20880	10440	5220	3480
30%	292320	125280	125280	62640	41760	31320	25056	12528	6264	4176
35%	271440	146160	146160	73080	48720	36540	29232	14616	7308	4872
40%	250560	167040	167040	83520	55680	41760	33408	16704	8352	5568
45%	229680	187920	187920	93960	62640	46980	37584	18792	9396	6264
50%	208800	208800	208800	104400	69600	52200	41760	20880	10440	6960
55%	187920	229680	229680	114840	76560	57420	45936	22968	11484	7656
60%	167040	250560	250560	125280	83520	62640	50112	25056	12528	8352
65%	146160	271440	271440	135720	90480	67860	54288	27144	13572	9048
70%	125280	292320	292320	146160	97440	73080	58464	29232	14616	9744
75%	104400	313200	313200	156600	104400	78300	62640	31320	15660	10440
80%	83520	334080	334080	167040	111360	83520	66816	33408	16704	11136
85%	62640	354960	354960	177480	118320	88740	70992	35496	17748	11832
90%	41760	375840	375840	187920	125280	93960	75168	37584	18792	12528
95%	20880	396720	396720	198360	132240	99180	79344	39672	19836	13224
100%	0	417600	417600	208800	139200	104400	83520	41760	20880	13920

Tabela 6. Simulações de volumes a ser armazenado nas residências, para TR= 100 anos.

Fonte: Autoras do Trabalho.

Redução do volume excedente	Volume excedente (m³)	Volume a ser armazenado (m³)	Número de residências armazenando							
			1 m³	2 m³	3 m³	4 m³	5 m³	10 m³	20 m³	30 m³
5%	530100	27900	27900	13950	9300	6975	5580	2790	1395	930
10%	502200	55800	55800	27900	18600	13950	11160	5580	2790	1860
15%	474300	83700	83700	41850	27900	20925	16740	8370	4185	2790
20%	446400	111600	111600	55800	37200	27900	22320	11160	5580	3720
25%	418500	139500	139500	69750	46500	34875	27900	13950	6975	4650
30%	390600	167400	167400	83700	55800	41850	33480	16740	8370	5580
35%	362700	195300	195300	97650	65100	48825	39060	19530	9765	6510
40%	334800	223200	223200	111600	74400	55800	44640	22320	11160	7440
45%	306900	251100	251100	125550	83700	62775	50220	25110	12555	8370
50%	279000	279000	279000	139500	93000	69750	55800	27900	13950	9300
55%	251100	306900	306900	153450	102300	76725	61380	30690	15345	10230
60%	223200	334800	334800	167400	111600	83700	66960	33480	16740	11160
65%	195300	362700	362700	181350	120900	90675	72540	36270	18135	12090
70%	167400	390600	390600	195300	130200	97650	78120	39060	19530	13020
75%	139500	418500	418500	209250	139500	104625	83700	41850	20925	13950
80%	111600	446400	446400	223200	148800	111600	89280	44640	22320	14880
85%	83700	474300	474300	237150	158100	118575	94860	47430	23715	15810
90%	55800	502200	502200	251100	167400	125550	100440	50220	25110	16740
95%	27900	530100	530100	265050	176700	132525	106020	53010	26505	17670
100%	0	558000	558000	279000	186000	139500	111600	55800	27900	18600

CONCLUSÕES

Com a quantidade de residência da bacia, é possível observar que para o evento com tempo de retorno de 10 anos seriam necessárias 32.400 residências (74,4% do total) armazenando no mínimo 3 m³ de água para reduzir o volume excedente no canal do córrego Cachoeirinha em 100% (correspondente a linha vermelha pontilhada), ou seja, para minimizar inundações na bacia. Os hidrogramas relativos ao acúmulo de 3 m³ pela população são mostrados nas **Figura 2 a Figura 5**, verificando-se uma amortização de 100% para TR = 10 anos, 45% para TR = 25 anos, 30% para TR = 50 anos e 20% para TR = 100 anos.

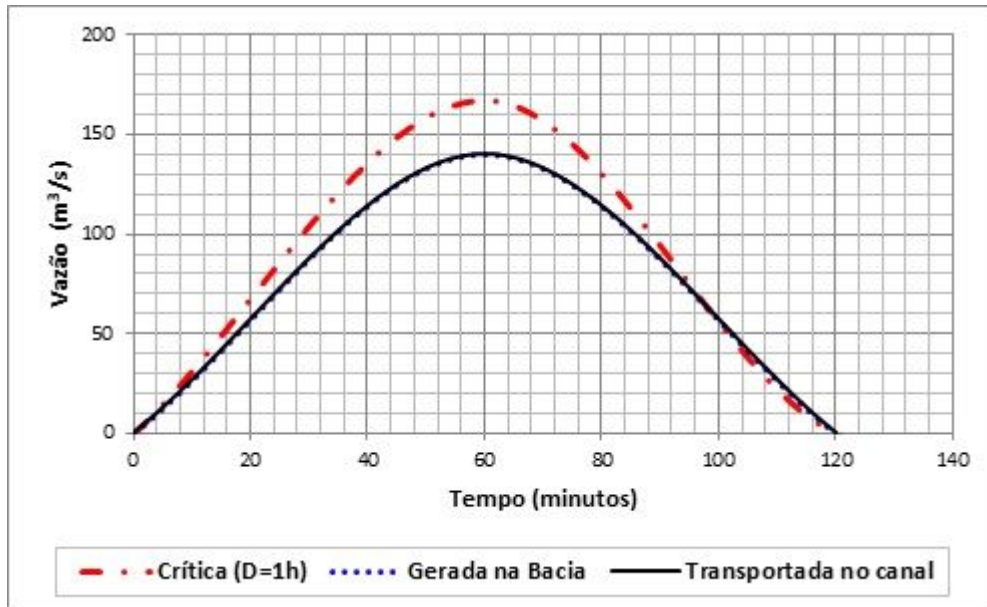


Figura 2: Hidrograma de cheias para vazão crítica gerada na bacia e transportada no canal para TR = 10 anos.
Fonte: Autoras do Trabalho.

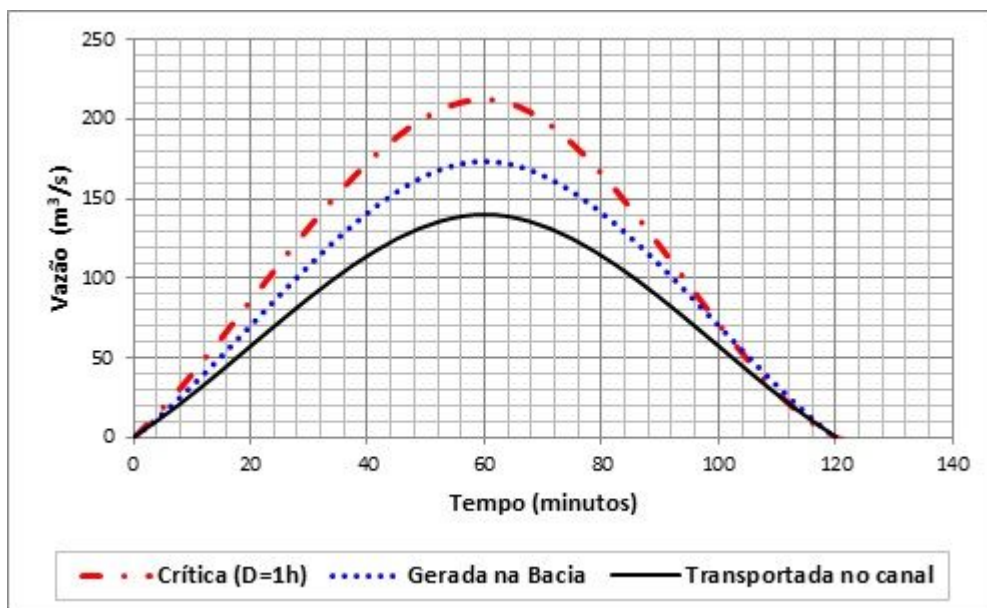


Figura 3: Hidrograma de cheias para vazão crítica gerada na bacia e transportada no canal para TR = 25 anos.
Fonte: Autoras do Trabalho.

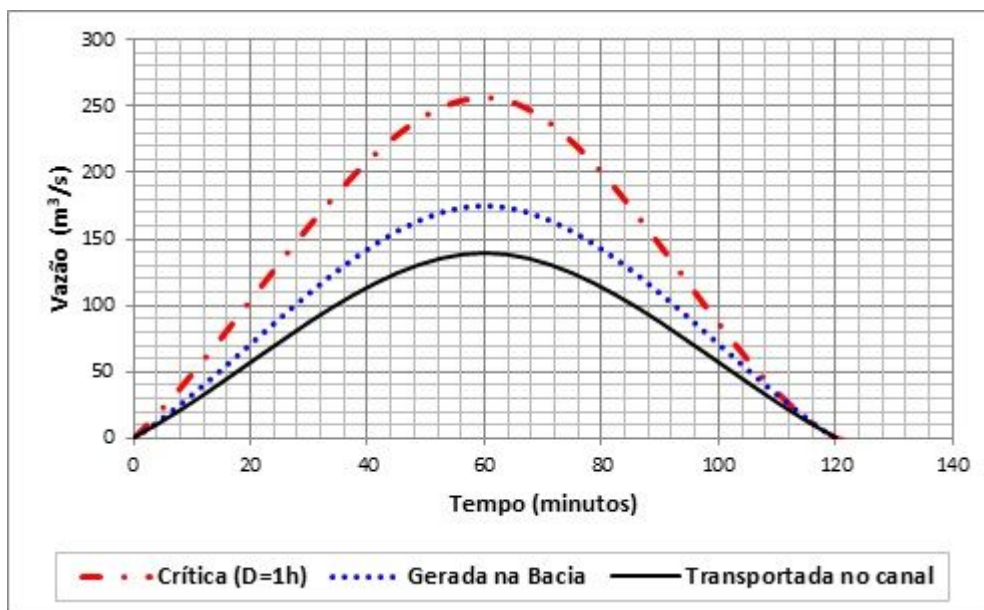


Figura 4: Hidrograma de cheias para vazão crítica gerada na bacia e transportada no canal para TR = 50 anos.
Fonte: Autoras do Trabalho.

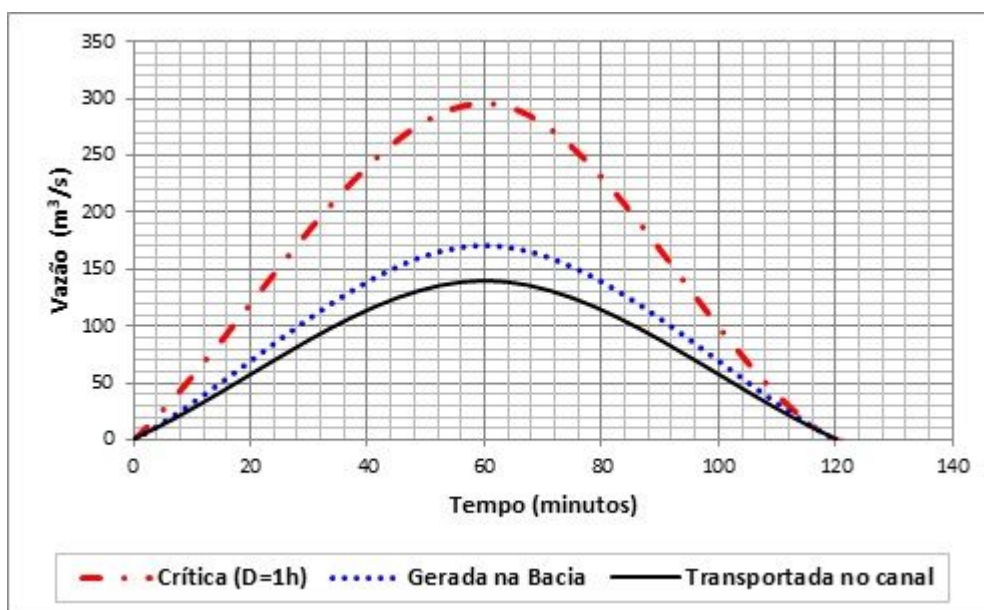


Figura 5: Hidrograma de cheias para vazão crítica gerada na bacia e transportada no canal para TR = 100 anos.
Fonte: Autoras do Trabalho.

Para reduzir todo o excesso de água do canal, para eventos com TR = 25 e 50 anos, há necessidade de que toda a população pertencente a bacia acumule água em reservatórios de 10 m³ e, para eventos com TR = 100 anos, em reservatórios com 20 m³, conforme mostrado na Tabela 7.

Visando minimizar os impactos decorrentes das chuvas intensas, propõe-se a adoção de métodos alternativos de amortecimento dos picos de vazões, como o controle de inundações por ações nos lotes (on-site stormwater detention), por meio de sistemas de armazenamento de água pluviais em micro reservatórios residenciais.

Outras medidas que seriam eficientes e ajudariam a conter os volumes de águas excedentes na bacia e que são aqui sugeridas seria estimular condomínios, escolas e lojas de maiores (shoppings), a armazenar águas pluviais em reservatórios de volumes maiores, contribuindo ainda mais com os objetivos deste trabalho, isto é, com o amortecimento dos picos de vazão dos hidrogramas de cheias da bacia do córrego Cachoeirinha por meio da redução dos volumes excedentes no canal desse córrego, retendo-se águas pluviais na fonte.

Tabela 7. Percentual de redução dos hidrogramas de cheias para cada período de retorno simulado.
Fonte: Autoria própria (2018).

Volumes a acumular (m ³)	TR = 10 anos	TR = 25 anos	TR = 50 anos	TR = 100 anos
	Redução do hidrograma de cheias			
1	45%	15%	10%	5%
2	85%	30%	20%	15%
3	100%	45%	30%	20%
4	-	65%	40%	30%
5	-	80%	50%	40%
10	-	100%	100%	75%
20	-			100%

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brito, D.S. Metodologia para a seleção de alternativas de sistemas de drenagem. **Dissertação de mestrado**. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 131 f, 2006.
2. França, F.R. Medida de controle no lote para o amortecimento dos hidrogramas de cheias do córrego Cachoeirinha – Belo Horizonte-MG. **Trabalho de conclusão de curso (TCC)** em Engenharia Civil. Centro Universitário UNA, 2018.
3. Guimarães, M. M. Hidrologia de bacias hidrográficas. **Notas de aula**. Centro Universitário UMA, 164 p., setembro -2018.
4. Pena, L.L.S, Ladislau, F.F. **Crítica ao zoneamento de uso e ocupação do solo como um instrumento de gestão na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Cachoeirinha- Belo Horizonte-MG**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. I Congresso Nacional de Geografia Física. Campinas-SP: 2017.
5. Pinheiro, M.M.G. Estudo de chuvas intensas na Região Metropolitana de Belo Horizonte-RMBH. **Dissertação de mestrado**. EE-UFG, 216p, 1997.
6. Pinheiro, M.M.G, Naghettini, M. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. **Revista brasileira de recursos hídricos**. v.3, n.4, p.73-88. Out/Dez-1998.
7. PROSAB-Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Manejo de águas pluviais urbanas**. 396p. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
8. Silva, L.C. Sistemas de drenagem urbana não-convencionais. **Trabalho de conclusão de curso** (Bacharelado em Eng. Civil). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. 70f., 2004.
9. SUDECAP-Superintendência de Desenvolvimento da Capital. **Consolidação do diagnóstico das enchentes na bacia do córrego Cachoeirinha e dos ribeirões Pampulha e da Onça. Volume I: Avaliação e consolidação dos estudos hidrológicos**. Estudos realizados pela POTAMOS Engenharia e Hidrologia Ltda. 84p., 2011-a.
10. _____ **Volume II: Avaliação e diagnóstico da capacidade hidráulica do sistema de macrodrenagem**. Estudos realizados pela POTAMOS Engenharia e Hidrologia Ltda. 67p., 2011-b.
11. Tucci, C.E.M. **Regulamentação da drenagem urbana no Brasil**. Revista de gestão de água da América Latina, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, jan. /jun. 2016
12. _____ **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABHR, Coleção ABHR de recursos hídricos, v. 4, 943 p., 1997 Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Habitação e meio ambiente: assentamentos urbanos precários. Anais do Seminário de Avaliação de Projetos IPT. São Paulo: IPT, 2002.

AGRADECIMENTOS

As autoras expressam seus agradecimentos ao Centro Universitário UNA pelo apoio e incentivo à pesquisa.