

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**DESEMPENHO DE GUIAS DRENANTES PARA A REDUÇÃO DE
ALAGAMENTOS**

DIEGO BUENO OLIVEIRA
ROGÉRIO VIEIRA DE ARAÚJO

GOIÂNIA
Novembro/2019

**DIEGO BUENO OLIVEIRA
ROGÉRIO VIEIRA DE ARAÚJO**

**DESEMPENHO DE GUIAS DRENANTES PARA A REDUÇÃO DE
ALAGAMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro Universitário de Goiás - Uni-
ANHANGUERA, sob orientação do Professor
Doutor Thiago Henrique Arbués Botelho, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Novembro/2019

“Dedico o presente trabalho ao meu irmão Guilherme Bueno Oliveira, a minha namorada Déborah Victoria de Sousa Jorge pela paciência, carinho e apoio e em especial ao meu pai José Mauro Antônio de Oliveira e a minha mãe Rejane Alves Bueno Oliveira, que sempre me apoiou, aconselhou e me ensinou que as vitórias são conquistadas com trabalho duro, humildade e respeito”.

Diego Bueno Oliveira

Dedico a minha esposa Adriana pelo apoio incondicional, entendimento pelas minhas ausências para dedicação aos estudos e nos momentos árduos, incentivo.

À minha querida mãe Maria Aparecida.

Aos meus filhos Felipe e Adrianly Vitória.

Rogério Vieira de Araújo

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo por nos abençoar e permitir chegarmos até aqui.
As nossas famílias pelo incentivo, pela paciência e pelo carinho que tiveram no decorrer dessa longa trajetória de muito esforço, foco e determinação.

Ao nosso orientador Professor Dr. Thiago Henrique Arbués Botelho, por nos orientar com muita sabedoria e paciência.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil que passaram os seus conhecimentos e ajudaram a construir as estruturas de nossa vida acadêmica.

Aos amigos que fizemos durante os 5 anos de vida acadêmica.

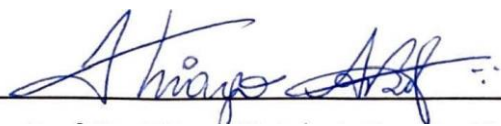
FOLHA DE APROVAÇÃO

DIEGO BUENO OLIVEIRA

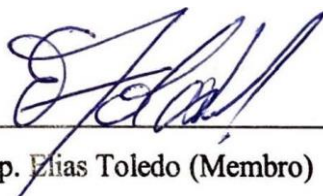
ROGÉRIO VIEIRA DE ARAÚJO

DESEMPENHO DE GUIAS DRENANTES PARA A REDUÇÃO DE ALAGAMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito final para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 13 de novembro de 2019 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Dr. Thiago H. Arbués Bote o (Orientador)



Prof. Esp. Elias Toledo (Membro)



Prof. Esp. Murilo Faria Cezar (Membro)

RESUMO

A introdução de novas tecnologias vem mudando a concepção do sistema de drenagem urbana tradicional. Guia drenante é um exemplo de tecnologia que surgiu com o propósito de aprimorar a captação das águas pluviais. No entanto, essa tecnologia ainda é pouco estudada e aplicada nas grandes cidades brasileiras para combater os alagamentos, especialmente na cidade de Goiânia. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi verificar o desempenho de guias drenantes – nova tecnologia de captação de águas pluviais, para mitigar os recorrentes alagamentos em regiões urbanizadas. O estudo foi dividido em duas partes: definição da área de estudo e dimensionamento do guia drenante a partir do software disponibilizado pelo fabricante da tecnologia. A área de estudo está localizada no setor Jardim Atlântico, Goiânia-GO. Foram levantadas características da chuva, solo, topografia, pontos de alagamentos e situação da rede de drenagem em um trecho da Av. Guarapari e ruas perpendiculares e paralelas à avenida, onde está implantada as galerias pluviais. O dimensionamento do guia drenante resultou num total de 55 trechos. Para uma chuva de projeto de 150 mm/h, a vazão total nesses trechos foi de 1662,58 L/s, enquanto que, a vazão máxima na microbacia foi de 12600 L/s. Portanto, o guia drenante tem capacidade de engolimento de 13,20% da vazão máxima que escoar em superfície na microbacia. Também foi possível determinar a capacidade máxima de vazão por metro do guia drenante (0,57 L/s/m). O desempenho do guia drenante foi verificado. Comparando-o ao sistema atual de drenagem foi possível considerar que essa nova tecnologia pode ser implantada para complementar o sistema atual de drenagem e também ser instalada em locais específicos, tais como estacionamentos, pontos de ônibus, faixas de pedestres e rotatórias.

PALAVRAS-CHAVE: Microdrenagem. Meio fio drenante. Dimensionamento hidráulico.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização não planejada, simultaneamente com o desenvolvimento das cidades alterou algumas características do ambiente natural, expandindo as áreas impermeabilizadas e inibindo a infiltração das águas pluviais no solo. Nesse cenário, ocorre o acúmulo das águas pluviais ao longo das vias, intensificando e aumentando a velocidade do escoamento superficial que arrasta inúmeros tipos de resíduos sólidos para o sistema atual de drenagem. Isso promove o entupimento do sistema, tornando-o ineficiente, com essa problemática nas cidades, os alagamentos trazem prejuízos materiais e grandes riscos de mortes.

As alterações ambientais ocasionadas pela urbanização das cidades, em relação a ocupação e uso do solo, resultaram em problemas na fundação das cidades que se replicou na sua expansão. Um dos principais problemas socioambientais nos dias atuais é a situação dos alagamentos e inundações urbanas registrados nas cidades (LIMA; AMORIM, 2014).

O processo de urbanização desordenado, em conjunto com a falta de manutenção do sistema atual de drenagem pluvial são os principais responsáveis pelo acontecimento de alagamentos em áreas urbanas. Esse fenômeno é decorrente do escoamento superficial agravado devido a impermeabilização do solo e pela ineficaz gestão dos órgãos competentes. Esses órgãos alegam que o problema para ser resolvido, decorre a partir do aumento da capacidade do sistema atual de drenagem. Entretanto, um dos motivos que mais coopera para a falha do sistema atual de drenagem pluvial é a lacuna de proteção das superfícies e o aumento de resíduos sólidos levados pelo escoamento superficial até o sistema de drenagem (BRAGA, 2016).

O Estado de Goiás e o Distrito Federal já registrou mais de 70 eventos oficiais de enxurradas que se caracterizou como desastre, entre 1991 e 2012. Os desastres registrados afetaram mais de 490 mil pessoas, deixando mais de 1200 pessoas sem suas casas e quatro falecimentos. Na cidade de Goiânia-GO, as regiões mais afetadas foram o centro e o sul, com 33% dos registros de enxurradas, que foram marcadas como o escoamento superficial concentrado e com grande energia de transporte (CEPED/UFSC, 2013).

O estudo e planejamento do sistema de drenagem urbana do município de Goiânia vem passando por recentes transformações. A Lei Municipal Nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014, estabelece regras de controle de águas pluviais e drenagem urbana e dá outras providências. Essa legislação já abordou sobre a presença de elementos alternativos à drenagem. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) da cidade está em processo de elaboração para definir as diretrizes municipais de saneamento básico para os próximos 20 anos. Em pauta está

o Plano Diretor de Drenagem de Goiânia. Portanto, é o momento oportuno para abordar o estudo sobre o uso de novas tecnologias de drenagem urbana.



Figura 01. Boca de lobo obstruída na av. Guarapari.

Na Engenharia Civil, águas pluviais é um dos assuntos de extrema importância, que carece de melhor planejamento do poder público para estabelecer um método de drenagem eficiente, com redução significativa de entrada de sujeiras, pedras ou lixos no sistema de drenagem.

Para atingir a capacidade de captação das águas pluviais foi proposto, por este estudo, alteração no sistema de drenagem urbana, substituindo bocas de lobo por guias drenantes, com intuito de reduzir a entrada de resíduos sólidos e aumentar a eficiência na captação das águas pluviais. A Figura 01 ilustra o sistema atual de captação das águas pluviais.

É escassa a literatura nacional consultada sobre guias drenantes, pois se trata de uma tecnologia relativamente recente no país, sendo insuficiente para efetuar recomendações para o seu uso. Contudo, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento quantitativo sobre o desempenho dessa tecnologia de drenagem urbana e apresentar recomendações ao seu uso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

2.1.1 Guia Drenante

Os guias drenantes (ACO KERBDRAIN) apresentadas neste trabalho tem dimensões pré-determinadas pelo fabricante com profundidades de: 255, 305, 380, 405 e 480 mm como ilustrado abaixo (Figura 02). O material é concreto polímero de alta resistência.



Figura 02. Guia drenante de diferentes profundidades.

Fonte: ACO Kerbdrain® (2019).

2.1.2 Software (QUAD HYDRAULIC DESIGN 2.0)

Para o dimensionamento do guia drenante utilizou-se o software *QUAD HYDRAULIC DESIGN 2.0*, disponibilizado pela fabricante Alemã do guia drenante. A Figura 03 apresenta a interface do software.

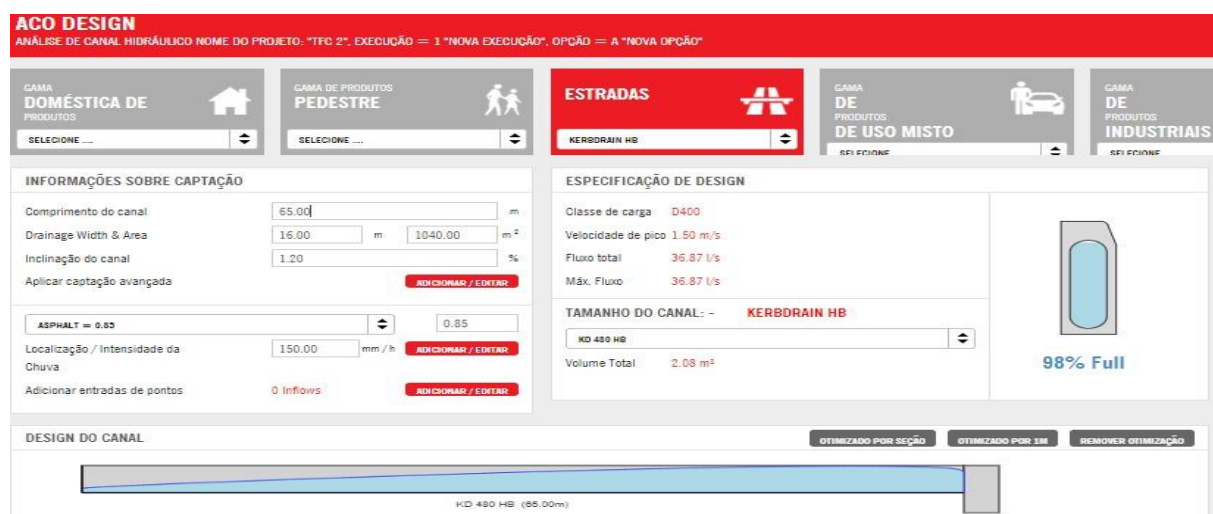


Figura 03. Software *Quad Hydraulic Design 2.0*.

Fonte: ACO Kerbdrain® (2019)

2.2 Obtenção dos parâmetros do software

2.2.1 Estudo de caso

Foi realizado um estudo de caso para facilitar a compreensão do desempenho da tecnologia estudada. Desse modo, foi escolhido uma região do setor jardim atlântico que apresenta periodicamente problemas com alagamentos em dias chuvosos. A partir dessa região foi realizado o levantamento dos parâmetros necessários para efeito de cálculo no software *QUAD HYDRAULIC DESIGN 2.0* disponibilizado pela *ACO building drainage*.

2.2.2 Localização

A área de estudo foi uma região do setor jardim atlântico, Goiânia-Go, que engloba um trecho específico da Av. Guarapari, 23 ruas perpendiculares a avenida e 1 rua paralela como demonstra a (Figura 04). As coordenadas geográficas são 16°44'03.93''S e 49°18'17.93''O. Em relação a área de estudo, o ponto mais alto é 834 m e o ponto mais baixo é 808 m e a micro bacia em estudo possui uma área de 0,60 km², que equivale a 600.000 m².



Figura 04. Região selecionada do setor Jardim Atlântico para o estudo de caso.
Fonte: Google Earth (2019).

2.2.3 Caracterização climática e pluviosidade de Goiânia-GO

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, com temperatura média anual de 22,5 °C e regime pluviométrico bem definido, com estação chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). A precipitação pluviométrica média anual é de 1.460 mm.

Em um estudo mais recente no município de Goiânia, a média de precipitação pluvial anual foi de 1.494,7 mm $\pm$ 187,6 mm, com tendência de redução a uma taxa de 3,7 mm ano⁻¹. 99% das precipitações diárias são $p \leq 50$ mm dia⁻¹. Foram registrados 292 dias sem chuva e 72 dias chuvosos, com tendência de redução dos dias chuvosos e aumento de dias secos. Esses valores foram encontrados a partir de análise de uma série histórica de dados diários de precipitação pluvial para o período de 1979 a 2015 (36 anos). Os dados foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Goiás, localizada no município de Goiânia, GO (16°35'52,7265" S; 49°16'39,8495" W; altitude 729,846 m) (Casaroli et al., 2018).

2.2.4 Declividade

Utilizou-se as curvas de nível disponibilizadas pela Seinfra (Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos de Goiânia) para determinar a declividade da Av. Guarapari e das 24 ruas que estão locadas as bocas de lobo da região estudada, necessitou-se dividir a área por trecho para dimensionamento dos guias drenantes no software Quad Hydraulic Design 2.0.



Figura 05. Curvas de nível da área de estudo.

Fonte: Seinfra (2019).

2.2.5 Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica, em mm h^{-1} , foi calculada por meio da Equação 1, disponível na Lei Municipal de Goiânia N° 9.511, de 15 de dezembro de 2014. Com base nesta legislação, para o cálculo da intensidade pluviométrica no município de Goiânia, deve-se escolher a equação de acordo com o tempo de retorno (T) apropriado para cada tipo de estrutura pluvial. Para o tipo canal pluvial, o tempo de retorno é de 10 anos, portanto utiliza-se a equação abaixo para estimar a intensidade pluviométrica (I). O tempo de concentração (t) adotado será de 15 minutos, conforme a literatura consultada.

$$I = \frac{64,3044 \times T^{0,1471}}{(t + 24,8)^{0,97471}} \quad [1]$$

Onde:

I - intensidade pluviométrica, mm min^{-1} ;

T - período de retorno, anos;

t - tempo de concentração, min.

Logo, a intensidade pluviométrica máxima (chuva de projeto) para efeito de cálculo foi:

$$i = \frac{64,3044 \times 10^{0,1471}}{(15 + 24,8)^{0,97471}}$$

$$i = 150 \text{ mm/h ou } 0,042 \text{ l/s}$$

2.2.6 Coeficiente de Escoamento

Com base na Lei municipal de Goiânia N° 9.511, de 15 de dezembro de 2014, artigo 15, inciso II, “para utilização do cálculo de galerias de água pluvial de novos projetos urbanísticos, deverá ser utilizado o Coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff) de 0,50 (zero vírgula cinquenta) e, no caso de cálculo de projetos de galerias em áreas já urbanizadas e adensadas, dentro da Macrozona Construída, deverá ser utilizado o Coeficiente de Escoamento Superficial de 0,70 (zero vírgula setenta).”

Portanto foi utilizado o coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff) de 0,50, devido ser um novo projeto em estudo.

2.2.7 Área de contribuição

A definição da área de contribuição considerada para cada trecho do guia drenante, mencionado anteriormente, foi determinada a partir da modelagem realizada no *QUAD HYDRAULIC DESIGN* 2.0. O software apresentou a capacidade de drenagem (Q) do guia em função da declividade (D), do coeficiente de escoamento (E), da área de contribuição (A) e do período de tormenta da precipitação adotada (I). Após a inserção de todos os parâmetros supracitados o software calculou as seguintes variáveis: velocidade de escoamento (m/s), vazão (L/s) e seção parcial (%) no guia drenante.

2.2.8 Vazão máxima da Microbacia

A impermeabilização das cidades aumenta o escoamento superficial, entretanto, o método utilizado para dimensionar a vazão máxima dos condutos pluviais das microbacias, é o racional apresentada pela equação 2 a seguir:

$$Q = C \times I \times A \quad [2]$$

Onde:

Q = vazão máxima, em L/s

C = Coeficiente de escoamento superficial

I = Intensidade pluviométrica máxima, assumida como 150 mm/h, em mm/s ou L/s

A = área da microbacia, em m²

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho do guia drenante na área de estudo

Para a demonstração do desempenho do guia drenante, dividiu-se em trechos devido a possibilidade de locação do guia drenante na avenida Guarapari e nas 24 ruas da área de estudo. A locação dos trechos foi definida considerando a declividade da via e o ponto de descarga. Para o efeito dos cálculos no software foi determinado a área de influência de cada trecho em função da capacidade de drenagem decorrente do comprimento linear do guia.

A Tabela 01 demonstra o dimensionamento de 55 trechos, apresentando o comprimento de cada trecho, altura de cada peça do guia para determinada vazão, área de influência considerada, coeficiente de escoamento superficial, declividade do trecho e intensidade pluviométrica. O somatório da vazão de todos os trechos foi de 1662,58 L/s. Essa vazão foi comparada com a vazão máxima da microbacia para levantamento do percentual de engolimento do guia drenante.

Tabela 01. Desempenho do guia na área de estudo.

Trecho	H (mm)	C Trecho (m)	C total (m)	L (m)	A Trecho (m²)	A Total (m²)	E	D (%)	I (mm/h)	V (m/s)	Q Trecho (l/s)	Q Total (l/s)	Seção parcial (%)
1	480	75	75	16	1200	1200	0,85	1,9	150	1,5	42,54	42,54	Fluxo normal 95 % cheio
02 a 20	405	48	912	16	768	14592	0,85	2,8	150	1,35	27,23	517,37	Fluxo crítico 82 % cheio
21 a 25	480	46	230	16	736	3680	0,85	0,5	150	1,33	26,09	130,45	Fluxo normal 92 % cheio
26	480	65	65	16	1040	1040	0,85	1,2	150	1,5	36,87	36,87	Fluxo normal 93 % cheio
27 a 31	480	43	215	16	688	3440	0,85	0,8	150	1,3	24,39	121,95	Fluxo normal 80 % cheio
32	480	70	70	16	1120	1120	0,85	1,6	150	1,54	39,71	39,71	Fluxo normal 95 % cheio
33	480	55	55	16	880	880	0,85	0,9	150	1,42	31,20	31,20	Fluxo normal 93 % cheio
34	480	70	70	16	1120	1120	0,85	1,5	150	1,54	39,71	39,71	Fluxo normal 97 % cheio
35	480	67	67	16	1072	1072	0,85	1,7	150	1,52	38	38	Fluxo normal 90 % cheio
36 e 37	480	50	100	16	800	1600	0,85	0,5	150	1,37	28,36	56,72	Fluxo normal 99 % cheio
38	480	62	62	16	992	992	0,85	1,1	150	1,48	35,17	35,17	Fluxo normal 97 % cheio
39	480	44	44	16	704	704	0,85	0,3	150	1,31	24,96	24,96	Fluxo normal 98 % cheio
40	480	55	55	16	880	880	0,85	0,8	150	1,42	31,20	31,20	Fluxo normal 96 % cheio
41 a 43	480	69	207	16	1104	3312	0,85	1,6	150	1,54	39,14	117,42	Fluxo normal 94 % cheio
44 a 46	405	57	171	16	912	2736	0,85	2,1	150	1,44	32,33	96,99	Fluxo crítico 96 % cheio
47	480	60	60	16	960	960	0,85	2,2	150	1,46	34,03	34,03	Fluxo crítico 99 % cheio
48 a 50	480	57	171	16	912	2736	0,85	2	150	1,44	32,33	96,99	Fluxo crítico 98 % cheio
51	480	58	58	16	928	928	0,85	2,1	150	1,45	32,90	32,90	Fluxo crítico 98 % cheio

52	480	60	60	16	960	960	0,85	2,2	150	1,46	34,03	34,03	Fluxo crítico 99 % cheio
53	480	63	63	16	1008	1008	0,85	2,7	150	1,49	35,74	35,74	Fluxo crítico 98 % cheio
54	405	64	64	16	1024	1024	0,85	2,9	150	1,5	36,30	36,30	Fluxo crítico 99 % cheio
55	480	57	57	16	912	912	0,85	2,2	150	1,44	32,33	32,33	Fluxo crítico 95 % cheio
Total												1662,58	

H – Altura do Guia. C – Comprimento do canal. L – Largura da área de contribuição. A – área de contribuição. E – Coeficiente de escoamento superficial. D – declividade da via. I – intensidade pluviométrica. V – velocidade do escoamento. Q – Vazão.

Com base nos 55 trechos dimensionados, a capacidade máxima de vazão por metro do guia drenante foi de 0,567 L/s, conforme apresentado na Tabela 02, determinado por meio da razão entre vazão total (1662,58 L/s) e comprimento total do guia drenante (2931,00 m). Enquanto que a capacidade máxima de vazão por unidade de área foi de 0,035 L/s/m², obtida a partir da razão entre a vazão total e área total de contribuição (46896,00 m²).

Tabela 02. Vazão por metro de guia drenante.

Trecho	1	02 a 20	21 a 25	26	27 a 31	32	33	34	35	36 e 37	38
C Total (m)	75	912	230	65	215	70	55	70	67	100	62
Q Total (l/s)	42,54	517,37	130,45	36,87	121,95	39,71	31,20	39,71	38	56,72	35,17
Q (l/s/m)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Trecho	39	40	41 a 43	44 a 46	47	48 a 50	51	52	53	54	55
C Total (m)	44	55	207	171	60	171	58	60	63	64	57
Q Total (l/s)	24,96	31,20	117,42	69,99	34,03	96,99	32,90	34,03	35,70	36,30	32,33
Q (l/s/m)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57

3.2 Desempenho do guia drenante em condições variadas

Para obter o desempenho máximo do guia drenante (fluxo normal) foi realizado uma análise com dados experimentais (Tabela 3), onde manteve-se constante a área de drenagem e o coeficiente de escoamento. Os dados testados no software que influenciaram diretamente no fluxo do canal foram a declividade e a intensidade pluviométrica. Portanto, a declividade mais favorável para implantação do sistema de drenagem, está entre 0,5% e 1,9%, que apresenta fluxo normal. O aumento da chuva de 50 para 150 mm promoveu um aumento considerável da seção parcial, de 48 para 98%, no primeiro caso. Esse aumento da profundidade de água faz o guia deixar de funcionar como canal e passar a funcionar como conduto forçado, o que traz consequências ao dimensionamento hidráulico.

Cada trecho possui um valor de preenchimento da seção parcial, porcentagem cheio, mas em decorrência da declividade da via, alguns trechos apresentam fluxo crítico. O fluxo apresentou-se crítico em trechos com declividades superiores a 2%. De acordo com o software, o canal terá capacidade suficiente para acomodar o fluxo, no entanto, o fluxo varia entre condições subcríticas e supercríticas.

Tabela 03. Dados experimentais para avaliação do desempenho da guia.

H (mm)	C (m)	L (m)	A (m ²)	E	D (%)	I (mm/h)	V (m/s)	Q (l/s)	Seção parcial (%)
255	12	16	192	0,85	2	50	0,59	2,27	Fluxo crítico 48 % cheio
255	12	16	192	0,85	4	50	0,59	2,27	Fluxo crítico 48 % cheio
255	12	16	192	0,85	2	150	0,89	6,81	Fluxo normal 98 % cheio
255	12	16	192	0,85	4	150	0,89	6,81	Fluxo crítico 94 % cheio
305	25	16	400	0,85	2	50	0,72	4,73	Fluxo crítico 46 % cheio
305	25	16	400	0,85	4	50	0,72	4,73	Fluxo crítico 46 % cheio
305	25	16	400	0,85	2	150	1,07	14,18	Fluxo crítico 92 % cheio
305	25	16	400	0,85	4	150	1,07	14,18	Fluxo crítico 92 % cheio
305	25	16	400	0,85	1,9	150	1,07	14,18	Fluxo normal 93 % cheio
405	55	16	880	0,85	2	50	0,96	10,40	Fluxo crítico 44 % cheio
405	55	16	880	0,85	4	50	0,96	10,40	Fluxo crítico 44 % cheio
405	55	16	880	0,85	2	150	1,42	31,20	Fluxo crítico 95 % cheio
405	55	16	880	0,85	4	150	1,42	31,20	Fluxo crítico 90 % cheio
405	55	16	880	0,85	1,9	150	1,42	31,20	Fluxo normal 97 % cheio
480	65	16	1040	0,85	2	50	1,02	12,29	Fluxo crítico 38 % cheio
480	65	16	1040	0,85	4	50	1,08	12,29	Fluxo crítico 38 % cheio
480	65	16	1040	0,85	2	150	1,5	36,87	Fluxo crítico 83 % cheio
480	65	16	1040	0,85	4	150	1,5	36,87	Fluxo crítico 77 % cheio
480	65	16	1040	0,85	1,2	150	1,5	36,87	Fluxo normal 98 % cheio

H – altura da Guia . C – comprimento do canal. L – Largura da área de contribuição. A – área de contribuição. E – coeficiente de escoamento superficial. D – declividade da via. I – intensidade pluviométrica. V – velocidade do escoamento. Q – vazão. Seção parcial – preenchimento da seção transversal.

3.3 Percentual de Engolimento do Guia

Para determinar o percentual de engolimento do guia drenante em relação a microbacia da região em estudo, foi necessário encontrar a vazão máxima da microbacia, com a utilização da Equação 2, método racional.

$$Q = 0,50 \times 0,042 \times 600.000$$

$$Q = 12.600 \text{ L/s}$$

Com a vazão da microbacia (l/s) obtida pelo método racional foi possível relacioná-la com a vazão drenada dos guias (l/s) para obtenção do percentual de engolimento.

$$\text{Engolimento (\%)} = \frac{\text{Vazão total do guia drenante}}{\text{Vazão da microbacia}} \times 100$$

$$\text{Engolimento (\%)} = \frac{1662,58}{12600} \times 100$$

$$\text{Engolimento (\%)} = 13,20$$

O Guia drenante tem capacidade de engolimento de 13,20% em relação a vazão máxima da microbacia em estudo.



Figura 06. Boca de lobo da avenida Guarapari.

Para determinar o percentual de engolimento do guia drenante em relação ao sistema atual de drenagem da região em estudo, definiu-se o trecho de 1 a 20 (Avenida Guarapari), onde contem 60 bocas de lobo de tamanho iguais, com comprimento da soleira de 92 cm e altura de 18 cm (Figura 06). Foi necessário encontrar a capacidade máxima de engolimento das 60 bocas de lobo através da Equação 3, para relacionar com a capacidade de engolimento do guia drenante do trecho 1 ao 20, levantado pelo software.

A vazão máxima da boca de lobo em estudo foi de:

$$Q = 1,70 \times L \times y^{1,5} \quad [3]$$

Onde:

Q - vazão de engolimento (m³/s)

L - Comprimento da soleira (m)

Y - Altura de água próxima a abertura da guia (m)

O valor de y deve ser: $y \leq h$

$$Q = 1,70 \times 0,77 \times 0,17^{1,5}$$

$$Q = 91,75 \times 60$$

$$Q = 5505,09 \text{ L/s}$$

Com a capacidade de engolimento da boca de lobo (l/s) foi possível relacioná-la com a vazão drenada dos guias (l/s) para obtenção do percentual de engolimento.

$$\text{Engolimento (\%)} = \frac{\text{Vazão total do guia drenante}}{\text{Vazão da boca de lobo}} \times 100$$

$$\text{Engolimento (\%)} = \frac{559,91}{5505,09} \times 100$$

$$\text{Engolimento (\%)} = 10,17 \%$$

O guia drenante tem capacidade de engolimento de 10,17% em relação a vazão das 60 bocas de lobo existentes no trecho 1 ao 20. Entretanto, as bocas de lobo foram vistoriadas *in loco* e todas as 60 bocas de lobo da avenida Guarapari estavam totalmente obstruídas por resíduos sólidos. Esse é um dos maiores problemas do sistema de drenagem urbana tradicional. Caso fosse adicionado um fator de obstrução de apenas 0,5 (o que aconteceria facilmente na prática), a vazão da boca de lobo cairia pela metade, o que dobraria o percentual de engolimento do guia drenante. Nessa situação, confirmada na prática, o guia drenante poderia se igualar a boca de lobo ou até superá-la em capacidade de engolimento.

4 CONCLUSÃO

O desempenho do guia drenante foi verificado por meio de dimensionamento em software específico para tal. Com base nos resultados encontrados foi possível determinar o percentual de engolimento do guia drenante relacionado à vazão máxima da microbacia e à capacidade de engolimento do sistema atual de drenagem (boca de lobo).

O percentual de engolimento do guia drenante comparado com a vazão máxima da microbacia foi de 13,20% e em relação ao sistema atual de drenagem foi de 10,17%, demonstrando uma capacidade de engolimento relativamente baixa, provavelmente insuficiente para reduzir alagamentos.

O guia drenante pode ser implantado para complementar o sistema atual de drenagem e também ser instalados em pontos específicos da malha viária, tais como estacionamentos, pontos de ônibus, faixas de pedestres e rotatórias para ajudar na captação das águas pluviais ao longo dos locais citados e melhorar a locomoção dos usuários em dias chuvosos.

REFERÊNCIAS

ACO KERBDRAIN. **Catálogo de Sistema de Drenagem e meio-fio combinados**. ACO Soluções em Drenagem Ltda. 2010.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas**: estudo de caso na cidade de Santa Maria. Brasília, DF, 2016. 33 p. (Monografia de graduação), Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília.

CASAROLI, D.; RODRIGUES, T. R.; MARTINS, A. P. B.; EVANGELISTA, A. W. P.; ALVES, J. J. **Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO**. 2017. 10 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

CEPED/UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**, 2ª edição, v. Goiás e Distrito Federal, Florianópolis, CEPED/UFSC, 2013.

GOIÂNIA-GO. Lei nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014. Estabelece regras de controle de águas pluviais e drenagem urbana, e dá outras providências, Goiânia, p. 1 – 11, 2014.

LIMA, A. P.; AMORIM, M. C. C. T. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal 1. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 15, p. 182-204, 2014.

DESEMPENHO DE GUIAS DRENANTES PARA A REDUÇÃO DE ALAGAMENTOS

ARAÚJO, Rogério Vieira¹; OLIVEIRA, Diego Bueno² e BOTELHO, Thiago H. Arbués³

¹ Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ² Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, ³ Professor, Doutor, do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

A introdução de novas tecnologias vem mudando a concepção do sistema de drenagem urbana tradicional. Guia drenante é um exemplo de tecnologia que surgiu com o propósito de aprimorar a captação das águas pluviais. No entanto, essa tecnologia ainda é pouco estudada e aplicada nas grandes cidades brasileiras para combater os alagamentos, especialmente na cidade de Goiânia. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi verificar o desempenho de guias drenantes – nova tecnologia de captação de águas pluviais, para mitigar os recorrentes alagamentos em regiões urbanizadas. O estudo foi dividido em duas partes: definição da área de estudo e dimensionamento do guia drenante a partir do software disponibilizado pelo fabricante da tecnologia. A área de estudo está localizada no setor Jardim Atlântico, Goiânia-GO. Foram levantadas características da chuva, solo, topografia, pontos de alagamentos e situação da rede de drenagem em um trecho da Av. Guarapari e ruas perpendiculares e paralelas à avenida, onde está implantada as galerias pluviais. O dimensionamento do guia drenante resultou num total de 55 trechos. Para uma chuva de projeto de 150 mm/h, a vazão total nesses trechos foi de 1327,40 L/s, enquanto que, a vazão máxima na microbacia foi de 12600 L/s. Portanto, o guia drenante tem capacidade de engolimento de 10,53% da vazão máxima que escoar em superfície na microbacia. Também foi possível determinar a capacidade máxima de vazão por metro do guia drenante (0,334 L/s/m). O desempenho do guia drenante foi verificado. Comparando-o ao sistema atual de drenagem foi possível considerar que essa nova tecnologia pode ser implantada para complementar o sistema atual de drenagem e também ser instalada em locais específicos, tais como estacionamentos, pontos de ônibus, faixas de pedestres e rotatórias.

PALAVRAS-CHAVE: Microdrenagem. Meio fio drenante. Dimensionamento hidráulico.