

Universidade Federal da Grande Dourados

Mariana Mazarim da Costa

Dimensionamento de trincheiras de detenção para um condomínio residencial na cidade de Dourados, Mato grosso do Sul, Brasil

Dourados
2021

Mariana Mazarim da Costa

Dimensionamento de trincheiras de detenção para um condomínio residencial na cidade de Dourados, Mato grosso do Sul, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Lôide Angelini Sobrinha
Área de concentração: Engenharia Civil

Dourados
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 08:00 horas do dia 23 de novembro de 2021, realizou-se no Google Meet a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado Dimensionamento de trincheiras de detenção para um condomínio residencial na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, de autoria da discente Mariana Mazarim da Costa, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

(x) Aprovado

() Reprovado

A discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. A orientadora se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo discente para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

DISCENTE

Nome: Mariana Mazarim da Costa Assinatura: _____

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Lôide Angelini Sobrinha Assinatura: _____

Assinado de forma digital por
Lôide Angelini Sobrinha
Dados: 2021.12.09 16:57:08
-04'00'

Membro: Danielle Cristine Pedruzzi Assinatura: _____

Membro: Nathalia Leite Bittencourt Figueiredo Assinatura: _____

DIMENSIONAMENTO DE TRINCHEIRAS DE DETENÇÃO PARA UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE DOURADOS, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

COSTA, Mariana Mazarim da¹; ANGELINI SOBRINHA, Lôide²
marianamazarim@hotmail.com¹; loidesobrinha@ufgd.edu.br²

Discente do curso de Engenharia Civil da UFGD¹; Docente do curso de Engenharia Civil da UFGD²

RESUMO

O processo de urbanização brasileiro gerou alterações significativas no meio ambiente e, em particular, no ciclo hidrológico. O fluxo hídrico que antes escoava gradualmente pelo solo vegetado, passou a escoar por condutos e superfícies impermeabilizadas, fato que ocasionou maiores picos de vazão nas bacias hidrográficas e desastres como as enchentes e inundações. Vendo que essa situação se tornou insustentável com o crescimento contínuo das cidades, emergiu nos países desenvolvidos uma nova proposta que visa reconstruir o ciclo natural e favorecer o amortecimento das vazões de saída. E assim, surgiu a proposta do presente trabalho, que trata do dimensionamento de trincheiras de detenção para um condomínio na cidade de Dourados, MS. Para tal foi utilizado o método das chuvas, que fornece um volume estimado da capacidade de armazenamento, além das dimensões, tempo de funcionamento e esvaziamento e diâmetro de saída das estruturas. Verificou-se, assim, que os valores de volume de armazenamento e tempo de esvaziamento foram satisfatórios, visto que atingiram os parâmetros definidos pela bibliografia. Em relação ao amortecimento da vazão de saída, observou-se uma redução de 83,1%, comparada àquela obtida pelo método racional da drenagem convencional, mostrando assim uma diminuição significativa da vazão escoada à jusante.

Palavras-chave: trincheira; detenção; dimensionamento.

ABSTRACT

The Brazilian urbanization process generated significant changes in the environment and, in particular, in the hydrological cycle. The water flow that before gradually drained through the vegetated soil, began to flow through conduits and impermeable surfaces, a fact that caused greater peaks of flow in the hydrographic basins and disasters such as floods. Seeing that this situation has become unsustainable with the continuous growth of cities, a new proposal emerged in developed countries that aims to rebuild the natural cycle and favor the dampening of outflows. And so, the proposal of this ungraduated thesis emerged, which deals with the dimensioning of detention trenches for a condominium in the city of Dourados, MS. For this purpose, the rainfall method was used, which provides an estimated volume of storage capacity, in addition to the dimensions, operating time and emptying and exit diameter of the structures. Thus, it was found that the values of storage volume and emptying time were satisfactory, as they reached the parameters defined by the bibliography. Regarding the damping of the outflow, there was a reduction of 83.1%, compared to that obtained by the rational method of conventional drainage, thus showing a significant decrease in the flow drained downstream.

Keywords: trenches; detention; dimensioning.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil se caracterizou por passar por um intenso processo de urbanização (OTTONI; ROSIN; FOLONI, 2018) que trouxe alterações significativas ao meio ambiente e, em particular, aos processos hidrológicos, através da ação direta nos cursos d'água e na superfície das bacias hidrográficas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Tucci, Porto e Barros (1995) apontam as enchentes urbanas como um desses importantes impactos sobre a sociedade.

Para minimizar esses efeitos, as cidades têm implantado soluções “higienistas” para a drenagem da água da chuva (OLIVEIRA, 2018) as quais recomendam a rápida evacuação das águas do meio urbano, com a utilização de condutos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

O fluxo de água que, na bacia hidrográfica rural, era retido pela vegetação, quando passa a escoar por condutos, apresenta como consequências a antecipação do pico de vazão e o aumento do escoamento superficial e da vazão máxima. Necessita-se, assim, de novas obras de drenagem a jusante, como a reposição de condutos e canais por outros de maior diâmetro (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995), tornando insustentável a continuação de obras de drenagem (TUCCI, 2008).

Acredita-se que a melhor forma de lidar com essa questão é utilizando dispositivos que permitam reconstruir o ciclo natural da água antes da urbanização (STARZEC; DZIOPAK; SIYÉS, 2020). Procurou-se, assim, revisar os procedimentos e utilizar sistemas de amortecimento em detrimento de canalização (TUCCI, 2008), que aumentam a quantidade de água pluvial infiltrada ou retida no solo (LUCAS et al, 2015) e diminuem a poluição difusa (RIBEIRO, 2014). A descrição dessas inovações, aliadas a geomorfologia, componentes estruturais e não estruturais, passou a ser conhecida como drenagem urbana sustentável (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

No mundo, essas mudanças na linha de pensamento a respeito da drenagem urbana se fizeram presentes nas últimas décadas, principalmente nos países desenvolvidos (CHAHAR; GRAILLOT; GAUR, 2017, HAMEL; DALY; FLETCHER, 2013 apud MARTINS, 2017). No Brasil, Martins (2017) aponta que os sistemas de drenagem ainda utilizam a abordagem “higienista” a qual, atrelada ao crescimento urbano acelerado e a problemas políticos e institucionais, resultam em sistemas de drenagem insuficientes e

ineficientes. Em 2017, cerca de três milhões de pessoas no país foram afetadas por alagamentos, enxurradas e inundações (ANA, 2018).

Sendo esse o cenário nacional, em 15 de julho de 2020, foi publicada a Lei Federal nº 14026, que declara a situação crítica, quantitativa e qualitativa, dos recursos hídricos e se compromete em estabelecer e fiscalizar o cumprimento de regras de uso da água através da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, ANA. A ANA deverá instituir normas para regulação dos serviços de saneamento básico, buscando a gestão eficiente dos recursos hídricos. Deve-se contemplar as atividades, infraestrutura e instalações de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheia, tratamento e disposição final das águas pluviais, incluindo a limpeza e fiscalização (BRASIL, 2020).

Com relação ao município de Dourados, a Lei municipal nº 4231, de 14 de dezembro de 2018, complementa que, dentre as diversas medidas de controle de escoamento das águas das chuvas, as que mais se adaptam ao caso do município são as medidas de controle na sua fonte (DOURADOS, 2018).

Dentre as técnicas adotadas como drenagem urbana sustentável estão as trincheiras, as quais podem ser de infiltração e de detenção. Estas são técnicas compensatórias lineares (profundidades e larguras reduzidas e dimensões longitudinais significativas), que podem favorecer tanto a infiltração quanto o armazenamento temporário. São preenchidas com materiais porosos, sendo a pedra brita e a pedra de mão, as mais comuns, os quais são revestidos por uma manta geotêxtil (permeável) nas trincheiras de infiltração e por uma manta impermeável, nas de detenção. Todavia, em solos pouco permeáveis e de baixo risco de poluição, não é preciso realizar a impermeabilização do dispositivo de detenção. O acesso às águas pode ocorrer através da superfície do dispositivo ou através de tubulações que chegam no interior da estrutura (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Segundo os mesmos autores, para a escolha das técnicas compensatórias de infiltração ou de detenção, é preciso verificar a sua viabilidade relacionada à permeabilidade do solo. Para condutividades hidráulicas abaixo de 10^{-7} m/s não é recomendado que a infiltração seja o único meio de evacuação das águas pluviais. A Tabela 1 apresenta os valores de condutividade hidráulica para diferentes solos.

Tabela 1: Ordem de grandeza da condutibilidade hidráulica de diferentes solos

K(m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Tipo de solos	Seixo sem areia nem elementos finos			Areia com seixos, areia grossa a areia fina		Areia muito fina, silte grosso a silte argiloso			Argila siltosa a argila homogênea		
Possibilidade de infiltração	Excelente			Boa		Média a baixa			Baixa a nula		

Fonte: Adaptado de Musy e Soutter (1991) apud Baptista, Nascimento e Barraud (2005).

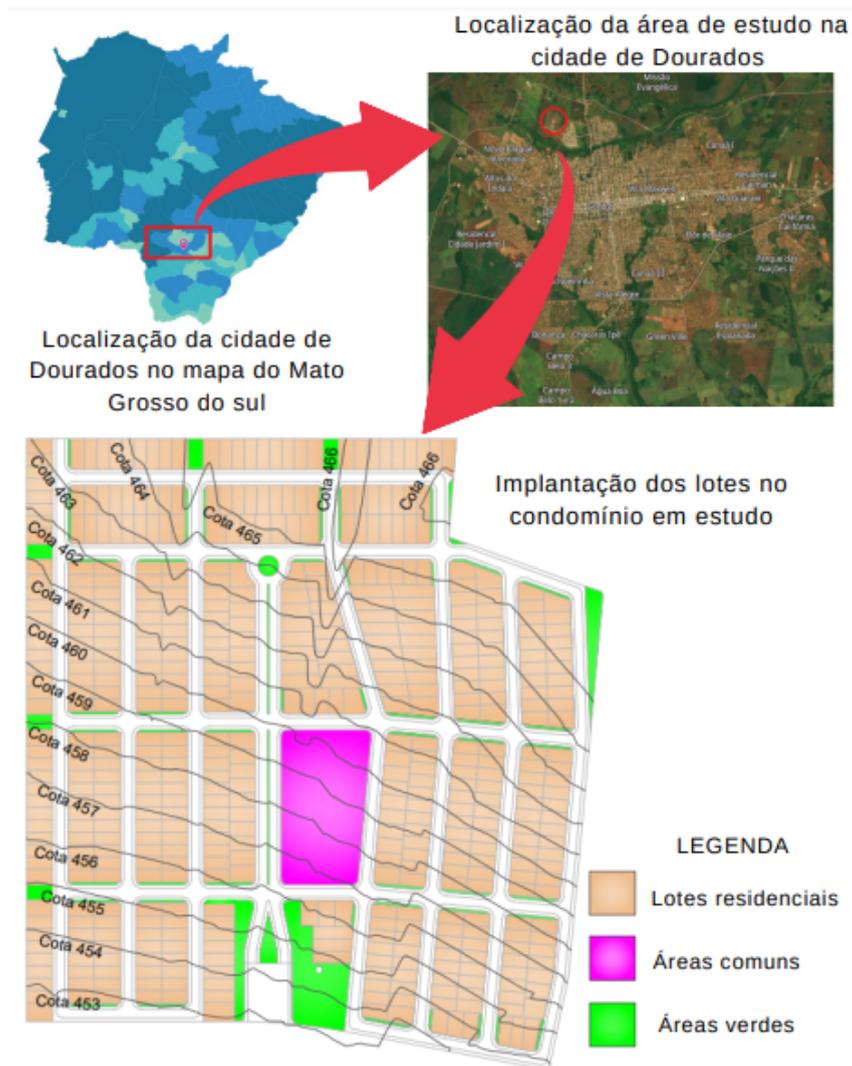
Dessa forma, partindo do fato de que, medidas de drenagem urbana sustentáveis já são uma realidade em países desenvolvidos e de que a Lei Federal brasileira e Lei municipal já citam sobre a utilização de novas tecnologias para a área de drenagem, foi desenvolvido o presente trabalho. Este tem como objetivo apresentar um dimensionamento de trincheiras de retenção para um condomínio localizado em uma região de montante na cidade de Dourados (MS), a fim de retardar a contribuição das águas pluviais daquela área na rede de drenagem da cidade e, conseqüentemente, minimizar impactos ambientais e sociais à jusante.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área definida como objeto de estudo deste trabalho é um condomínio que se encontra a montante do córrego Laranja Doce na cidade de Dourados, MS. A Figura 1 apresenta a cidade de Dourados no mapa do Estado do Mato Grosso do Sul, a localização da área de estudo na cidade de Dourados e a distribuição das diferentes áreas e as cotas topográficas do terreno.

Figura 1: Localização da cidade de Dourados no estado do Mato Grosso do Sul, localização da área de estudo na cidade de Dourados e distribuição das áreas e cotas topográficas do loteamento



Fonte: Adaptada de IBGE (2010), Construtora (2014) e Gosur (2021).

2.2 Características gerais das trincheiras

Utilizando relatórios de sondagem do solo da região, fornecidos pela construtora do empreendimento, identificou-se que o solo do terreno é o argiloso siltoso vermelho, o qual segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005), tem uma possibilidade de infiltração de baixa a nula. Assim, as trincheiras dimensionadas tiveram a detenção como método de armazenamento temporário das águas da chuva e evacuação dessas águas através de condutos convencionais de drenagem urbana.

Segundo Dourados (2012), os passeios públicos de todas as áreas urbanas da cidade devem ter largura mínima de 1,50 metros e faixas de serviço a 1,0 metro da guia. Neste trabalho, as sarjetas foram substituídas por superfícies drenantes, as quais captam as águas de maneira direta e superficial e as conduzem ao interior das trincheiras de

detenção. Assim, dos 3,5 metros de largura disponíveis entre as vias e os alinhamentos prediais do loteamento, 1,0 metro foi destinado às superfícies drenantes, 1,0 metro às faixas de serviço e 1,5 metros para a implantação dos passeios públicos.

A superfície de captação da trincheira foi definida como o ponto mais baixo entre os terrenos e o pavimento, e a inclinação das superfícies deve ser orientada para o dispositivo de detenção (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Assim, a superfície drenante capta as águas escoadas por estas áreas e capta as despejadas sobre sua superfície, conduzidas por condutos provenientes dos terrenos.

Estas superfícies podem ser cobertas ou não, podendo as cobertas apresentar blocos porosos, gramas e pedras de mão, além de areia e manta geotêxtil sob a camada exposta, a fim de filtrar poluentes e não diminuir o tempo útil da estrutura (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Ademais, não sendo um método de armazenamento permanente, ou seja, que há a presença constante da água na estrutura, o mesmo deve integrar o uso da área a outras finalidades (TOLEDO, 2017). Dessa forma, as trincheiras dimensionadas foram pavimentadas com blocos vazados, com coeficiente de escoamento igual a 0,03 (CURITIBA, 2018), e estes foram preenchidos com grama, possibilitando que a área sobre a superfície drenante pudesse ser utilizada como passeio ou como via com tráfego leve e de baixa intensidade (SANTOS; SILVA, 2018). Abaixo dessa camada externa, as trincheiras apresentaram uma camada de areia como filtro.

Regiões em que os riscos de poluição do solo são pequenos, não é preciso necessariamente realizar a impermeabilização dos dispositivos de detenção (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Dessa forma, abaixo da camada de areia, iniciou-se a estrutura das trincheiras, a qual apresentou a manta geotêxtil em seu topo e laterais, como revestimento, e concreto no fundo, a fim de determinar a inclinação necessária aos drenos de evacuação ou aos orifícios de saída.

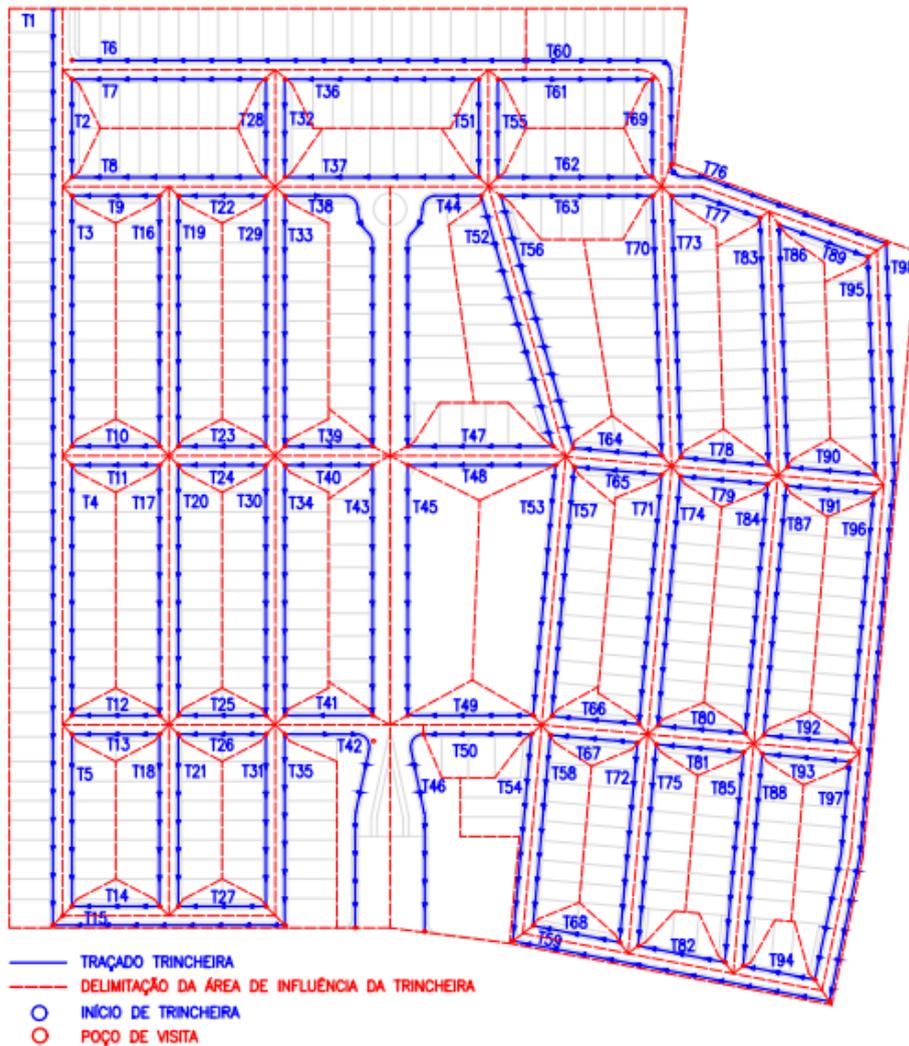
Com relação ao material de preenchimento interno das trincheiras, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) apontam a pedra brita e a pedra de mão como as mais comuns e Urbonas e Stahre (1993) apresentam que ambas possuem porosidade efetiva de 30%. A pedra brita foi definida como o material de preenchimento das trincheiras.

2.3 Parâmetros de projeto

O traçado das trincheiras foi definido em planta baixa e, em seguida, o loteamento foi dividido em áreas de influência dessas trincheiras, as quais destinaram suas águas às

trincheiras correspondentes. O traçado dessas áreas de influência foi determinado através das divisas físicas, como por exemplo os muros, além das cotas topográficas e inclinações das ruas. Em esquinas, o traçado das áreas de influência dividiu os terrenos na metade, sendo parte das águas escoadas à trincheira da frente e a outra parte à trincheira da lateral. Os dispositivos de retenção foram nomeados de cima para baixo e da esquerda para a direita. A Figura 2 apresenta a determinação do traçado das trincheiras e suas respectivas áreas de influência.

Figura 2: Traçado das trincheiras de retenção e suas respectivas áreas de influência



Fonte: Própria autora.

Para o dimensionamento de dispositivos de drenagem é levado em consideração as áreas que geram escoamento superficial (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005) e cada tipo de ocupação do espaço gera um tipo de escoamento. Assim, as áreas de influência foram subdivididas em suas respectivas áreas de ocupação, para assim ter seu escoamento superficial medido.

Dourados (2012) determina a área em estudo como Área Residencial III, a qual pode apresentar uma taxa de ocupação máxima do terreno de 60% e área permeável mínima de 15%. E assim foi adotado no trabalho em estudo: área construída com taxa de ocupação máxima, área permeável mínima, o restante do terreno com calçada de concreto, blocos de concreto constituindo as calçadas externas aos terrenos e leitos carroçáveis de concreto betuminoso. A Tabela 2 apresenta os métodos de discriminação das áreas de influência de cada trincheira.

Tabela 2: Método de discriminação das áreas de influência de cada trincheira

Discriminação de áreas	Valores
Área do terreno	$x =$ determinada através da planta baixa
Área construída	$0,60*x$
Área permeável	$0,15*x$
Área de calçada interna	$x - (0,60*x + 0,15*x)$
Área verde	Área determinada através da planta baixa
Área de calçada externa	Área determinada através da planta baixa - comprimento da trincheira*1,0 m
Área de pavimentação	Área determinada através da planta baixa

Fonte: Própria autora.

Áreas de uso comum do condomínio foram tratadas no dimensionamento como áreas de terreno.

Discriminadas as áreas de influência, as mesmas foram multiplicadas por coeficientes de escoamento para obtenção das áreas de contribuição que geram escoamento, através da Equação 1, segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005).

$$Aa = A * C \quad (1)$$

Em que: Aa é a área de contribuição da trincheira (m²), A é a área de influência da trincheira (m²) e C corresponde ao coeficiente de escoamento superficial.

A Tabela 3 aponta os coeficientes de escoamento de cada tipo de área segundo Curitiba (2018).

Tabela 3: Coeficientes de escoamento superficial de acordo com o tipo de área

Tipo de superfície	Valor recomendado, C
Concreto, asfalto e telhado	0,95
Bloco de concreto	0,78
Matas, parques e campos de esporte	0,1
Gramma solo argiloso	0,2

Fonte: Adaptada de Curitiba (2018).

O coeficiente de escoamento das áreas construídas, pavimentação asfáltica e concretadas foi de 0,95; 0,78 para blocos de concreto; 0,2 para áreas permeáveis e 0,1 para áreas verdes.

Ademais, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) apontam para a necessidade de determinar as chuvas de projeto. A microdrenagem, deixa de operar convenientemente para eventos de tempos de retorno superiores a 10 anos, determinando-se assim um intervalo de até 10 anos de tempo de retorno para esse tipo de estrutura.

Os mesmos autores também determinam um limite para o tempo de esvaziamento da estrutura compensatória, devendo este ser inferior a 24 horas.

2.4 Dimensionamento

2.4.1 Vazão de saída

Para o dimensionamento da estrutura de detenção, fixou-se a vazão de saída, calculando o volume de armazenamento aproximado (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Em técnicas de detenção, a vazão de saída é relativa ao modo de descarga. No caso de estruturas de descarga simples, foi adotada a lei dos orifícios para um orifício de parede fina, conforme Equação 2, segundo os mesmos autores.

$$Q_s = m \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - h_0)} \quad (2)$$

Em que: Q_s é a vazão de saída do dispositivo de detenção (m^3/s); m é coeficiente de contração, usualmente utilizado 0,60; S é a seção do orifício (m^2); h é a altura da água (m); h_0 é a altura do orifício, em relação ao seu eixo (m) e g é a aceleração da gravidade (m/s^2).

Foram adotados diferentes diâmetros comerciais de saída, sendo eles de 50 mm, 75 mm, 100 mm, 150 mm e 200 mm.

Em casos de vazão de saída constante no tempo, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) recomendam utilizar metade da altura máxima da trincheira no cálculo da vazão do projeto. Ao tomar a altura máxima no cálculo da vazão, corre-se o risco de subdimensionar o volume de armazenamento da trincheira. Todavia, para a obtenção da vazão máxima, é necessário considerar a estrutura cheia, ou seja, com a altura máxima. Esta recomendação foi adotada no dimensionamento das trincheiras.

2.4.2 Método das chuvas

Utilizando as áreas de contribuição às trincheiras Aa , calculadas pela Equação 1, apresentada na seção 2.3, e a vazão de saída Qs constante, calculada pela Equação 2, apresentada na seção 2.4.1, calculou-se a vazão específica, de acordo com a Equação 3.

$$qs = Qs / Aa \quad (3)$$

Em que: qs é a vazão específica (m/s); Qs é a vazão de saída (m³/s) e Aa é área de contribuição das trincheiras (m²).

Discretizando às durações de chuva da região de Dourados em até 360 minutos, fixando o tempo de retorno de 10 anos e com o uso da Equação 4, calcularam-se as N intensidades pluviométricas máximas anuais da região de Dourados (PEREIRA et al, 2007) e conhecida como equação IDF (Intensidade-Duração-Frequência).

$$i = \frac{2668,78 \cdot Tr^{0,1771}}{(t + 28,0749)^{0,9213}} \quad (4)$$

Em que: i é a intensidade pluviométrica (mm/h); Tr é o período de retorno (anos); t é a duração pluviométrica (minutos).

Em seguida, transformaram-se as intensidades i em alturas P , através da Equação 5.

$$P = t \cdot i \quad (5)$$

Em que: P é a altura pluviométrica (mm); t é a duração pluviométrica (minutos) e i é a intensidade pluviométrica (mm/h).

Com os dados da altura pluviométrica, duração e frequência, obteve-se a curva PDF (Precipitação-Duração-Frequência). Em seguida foram calculadas as alturas das águas escoadas, com a Equação 6.

$$qs \cdot t \text{ (mm)} \quad (6)$$

Em que: qs é a vazão específica (mm/min) e t é a duração pluviométrica (minutos).

Obteve-se assim, a altura a armazenar, $DH_{m\acute{a}x}$, sendo esta definida pela maior diferença encontrada entre a curva PDF e a reta das alturas das águas escoadas, conforme Equação 7.

$$DH_{m\acute{a}x} = maior (P - q_s.t) \quad (7)$$

Em que: $DH_{m\acute{a}x}$ é a altura máxima de armazenamento da trincheira (mm); P é a altura pluviométrica obtida pela equação IDF da região, em função da duração da chuva (mm) e $q_s.t$ é a altura das águas evacuadas, em função da duração da chuva (mm). A curva PDF e a reta das alturas escoadas podem ser analisadas graficamente.

Em seguida, foi calculado o volume de armazenamento necessário para a chuva de projeto, $S_{solicitado}$, com a Equação 8.

$$S_{solicitado} = DH_{m\acute{a}x}.Aa \quad (8)$$

Em que: $S_{solicitado}$ é o volume necessário de armazenamento na trincheira, para determinada chuva de projeto (m^3); $DH_{m\acute{a}x}$ é a maior diferença obtida entre a curva PDF e a altura das águas escoadas (m) e Aa é a área de contribuição às trincheiras (m^2).

Calculou-se, assim, o tempo de funcionamento do sistema, D_f , definido pela Equação 9.

$$D_f = H/q_s \quad (9)$$

Em que: D_f  o tempo de funcionamento da estrutura (minutos); H  altura de chuva máxima determinada pelo $DH_{m\acute{a}x}$ (mm) e q_s  a vazão específica (mm/min).

O tempo de esvaziamento, D_v , por sua vez, foi determinado com a Equação 10.

$$D_v = DH_{m\acute{a}x}/q_s \quad (10)$$

Em que: D_v é o tempo de esvaziamento (min); $DH_{m\acute{a}x}$ é a maior diferença obtida entre as curvas PDF e a reta da altura das águas evacuadas (mm) e q_s  a vazão específica (mm/min).

Se o tempo de esvaziamento era maior que 24 horas, era estudado a possibilidade de aumentar a vazão de saída, para diminuir o tempo de funcionamento.

Ainda para a determinação do volume final de armazenamento, foi preciso levar em consideração as redução de volume impostas pelo material granular de preenchimento e pela inclinação da mesma no terreno. A Equação 11 apresenta o volume real de água armazenado, $S_{m\acute{a}x}$. Em casos de terrenos planos, foram aplicadas uma inclinação maior do que 1% para evitar a estagnação da gua (RAIMBAULT,1992 apud BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{n.I.p^2.L}{2.i} \text{ com } L \geq \frac{p}{i} \quad (11)$$

Em que $S_{m\acute{a}x}$ é o volume real armazenado pelas trincheiras (m^3), n é o índice de vazios do material; l é a largura da trincheira (m); p é a profundidade (m), L é o comprimento da trincheira (m) e i é a declividade (m/m).

Assim, se o $S_{m\acute{a}x}$, o volume real de armazenamento, fosse maior ou igual ao $S_{solicitado}$, o dimensionamento era considerado satisfatório. Caso contrário, as dimensões da trincheira deveriam ser revistas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

2.4.3 Dispositivos de saída das trincheiras

Baptista, Nascimento e Barraud (2005), apontam que as trincheiras de detenção geralmente têm sua regulação hídrica realizada por orifícios ou através de restrição no diâmetro de saída. Usualmente apresentam drenos de evacuação instalados nas suas menores cotas, os quais são tubos de PVC perfurados, que percorrem o comprimento da trincheira e favorecem uma saída de água da trincheira mais rápida. Tal dispositivo não se constitui em um elemento de controle de vazão de saída, devendo sua vazão admissível ser igual ou superior à vazão de saída. Estes drenos devem ter diâmetros superiores a 150 milímetros, por questões de limpeza. Dessa forma, foram adotados os drenos de evacuação somente nos orifícios de saída maiores ou iguais a 150 milímetros.

Nas trincheiras em estudo, foram previstos tubos perfurados comerciais para drenagem. A Tabela 4 apresenta a vazão de influxo dos tubos dreno Kanonet, em que os tubos DN170 e DN230 possuem diâmetros internos de 150 mm e 200 mm (PLÁSTICOS, 2021), podendo atender aos diâmetros de saída determinados no dimensionamento das trincheiras.

Tabela 4: Vazão de influxo dos tubos dreno Kanonet

Tubo dreno Kanonet	DN 170	DN 230
Vazão de influxo ($cm^3/s.m$)	11140	15850

Fonte: Adaptada de Plásticos (2021)

Utilizou-se, assim, a vazão de influxo para verificação de funcionamento desse material no sistema, visto que a vazão de absorção do dreno deve ser igual ou superior a vazão de saída da trincheira, conforme a Equação 12.

$$V_i * L/1000000 \geq Q_s \quad (12)$$

Em que V_i é a vazão de influxo ($\text{cm}^3/\text{s.m}$); L é o comprimento da trincheira (m) e Q_s é a vazão de saída da trincheira (m^3/s).

No final de cada trincheira, foram previstos poços de visita. Campo Grande (2015) aponta que esses dispositivos têm como função principal a possibilidade de acesso para inspeção e limpeza e são sugeridos em mudanças de direções, de diâmetros, declividades e em cruzamentos. Porto Alegre (2005b) determina que, para tubulações de até 0,40m que chegam aos poços de visita, os mesmos devem ser retangulares de 0,80m x 0,80m e altura máxima de 1,50m.

Após passagem pelos poços de visita, as vazões de saída de cada trincheira são conduzidas a tubulações de drenagem convencional. A vazão de entrada de cada conduto é a soma das vazões de saída das trincheiras que contribuem àquele conduto.

2.4.4 Abatimento da vazão de pico

Para análise da vazão máxima, Toledo (2017) determina que as vazões de projeto devem buscar manter a vazão de pré-desenvolvimento, a qual se trata do escoamento antes da ocupação da região, para que a vazão de saída da região a ser ocupada não ultrapasse a natural e aumente o volume de água conduzido à jusante. Determina-se, assim, que a vazão de pré-ocupação é a multiplicação da área da bacia, em hectares, pela vazão específica de pré-ocupação, determinada por cada localidade.

Todavia, Toledo (2017) aponta o método racional como um dos mais utilizados para cálculo de vazões de projeto de drenagem convencional, em bacias menores que 2 km^2 , conforme Equação 13.

$$Q_{\text{máx}} = 0,278 * C * i_{\text{máx}} * A \quad (13)$$

Em que: $Q_{\text{máx}}$ é a vazão de projeto (m^3/s); C é o coeficiente de escoamento superficial médio ponderado; $i_{\text{máx}}$ é a intensidade máxima de precipitação (mm/h), obtida pela duração igual ao tempo de concentração na bacia e A é a área da bacia (km^2).

O coeficiente de escoamento adotado, para áreas de edificações não muito densas, segundo Tucci 1995, varia de 0,60 e 0,70. Já o tempo de concentração pode ser obtido pela fórmula de Kirpich, conforme a Equação 14.

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (14)$$

Em que: t_c é o tempo de concentração (minutos), L é o comprimento do curso d'água na bacia (km) e H é a diferença de cota do ponto mais alto ao exutório da bacia (m).

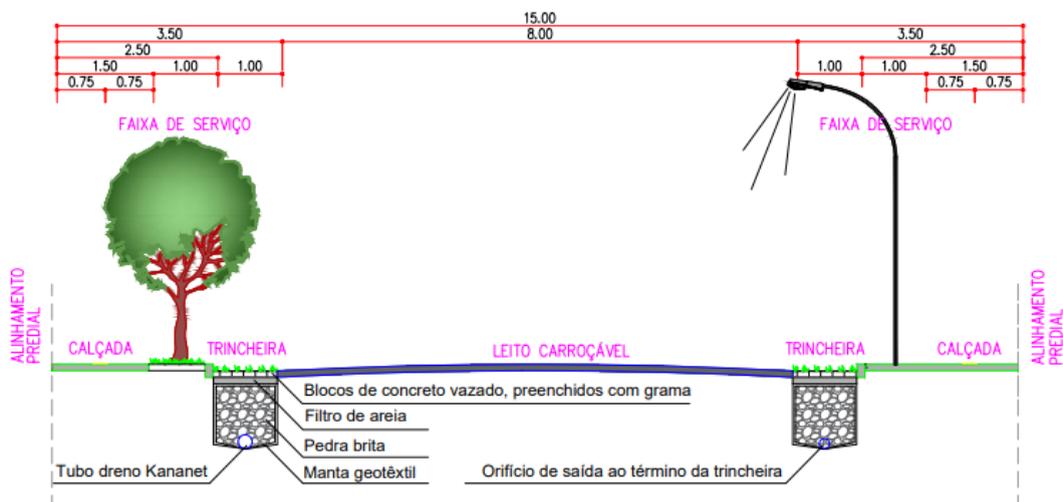
Assim, adotou-se a área do loteamento em estudo como área da bacia, em que o comprimento do curso d'água, L , foi determinado através da planta baixa e a diferença de cota topográfica, H , obtida através da Figura 1, da seção 2.1.

Como a cidade de Dourados não possui uma vazão específica de pré-desenvolvimento, foi utilizada também a Equação 13 para a determinação da vazão de pré-desenvolvimento, todavia, com um coeficiente de escoamento variando de 0,05 a 0,20 (TUCCI, 1995), considerando a região de pré-ocupação como área verde.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 representa um esquema do sistema de trincheiras proposto, mostrando a pavimentação, as camadas de composição das trincheiras, as faixas de serviço, os passeios públicos e os alinhamentos prediais. À esquerda, observa-se um exemplo das trincheiras que apresentaram o dreno de evacuação Kananet e, à direita, há um exemplo das trincheiras que apresentaram apenas o orifício de saída.

Figura 3: Seção de implantação das trincheiras no sistema viário do loteamento



Fonte: Própria autora.

O fato do sistema de retenção ser integrado de forma paisagística na área, o qual apresenta uma utilidade sobre as trincheiras, faz com que a paisagem seja valorizada e seus usuários se sintam pertencentes a ela (PEREIRA, 2016). Ademais, faixas gramadas reduzem o escoamento superficial e picos de vazão (AGOSTINHO; POLETO, 2012).

O somatório das vazões máximas de saída das trincheiras dimensionadas, obtidas utilizando a altura máxima e a Equação 2 da seção 2.4.1, foi de 1,31 m³/s. Para fins de comparação, com um comprimento de curso d'água, L, de 0,573 km e diferença de cota, H, de 13 m, obteve-se um tempo de concentração na bacia, pela Equação 14 da seção 2.4.4, de 11,16 minutos, o qual se encontra dentro do limite máximo de uma hora, estabelecido por Tucci (1995). Consequentemente, esta foi a duração utilizada para obtenção da intensidade da chuva máxima, para um tempo de retorno de 10 anos, calculada pela da IDF de Dourados, Equação 4 da seção 2.4.2, a qual foi de 136,16 mm/h. Com a área da bacia de 0,292925 km² e coeficientes de escoamento da bacia urbanizada e pré-ocupada, respectivamente, iguais a 0,70 e 0,1, obteve-se uma vazão de projeto, para drenagem convencional, de 7,75 m³/s e uma vazão de pré-ocupação de 1,11 m³/s. Observa-se que a vazão máxima obtida no dimensionamento das trincheiras, de 1,31 m³/s, se manteve próximo ao valor da vazão de pré-ocupação estimada, 1,11 m³/s, conforme requerido por Toledo (2017), extravasando em 18% desta. Já a vazão apresentada sem métodos de controle em sua fonte, de 7,75 m³/s, se mostrou 598,2% superior ao limite de pré-ocupação. Da vazão por drenagem convencional, o sistema de trincheiras conseguiu atenuar 83,1% da vazão escoada, Silvestri (2018) conseguiu abater do pico da vazão em 91,67%. Dessa forma, São Paulo (2021) apresenta o rearranjo temporal das vazões de saída, que alivia o sistema de drenagem a jusante da bacia, como um dos benefícios hidrológicos das trincheiras de retenção.

A Tabela 5 apresenta os diâmetros de saída adotados, os volumes solicitados (Ssolicitado), os de armazenamento máximo (Smáx), os tempos de esvaziamento (Dv) e as profundidades de cada trincheira.

Tabela 5: Dados de profundidade, volumes solicitados e de armazenamento, tempo de esvaziamento e diâmetro de saída calculados

ID	Profundidade (m)	Ssolicitado: volume solicitado (m ³)	Smáx: volume a armazenar (m ³)	Dv: tempo de esvaziamento (hora)	Diâmetro de saída (m)
T1	0,45	853,98	958,52	5,99	0,2
T2	0,39	39,23	41,07	4,73	0,05
T3	0,32	172,19	180,96	2,55	0,15
T4	0,38	166,13	170,12	2,25	0,15
T5	0,44	154,67	161,61	7,80	0,075
T6	0,37	499,54	525,97	6,87	0,15
T7	0,41	174,91	177,04	5,14	0,1

Continuação						
T8	0,41	174,91	177,04	5,14	0,1	
T9	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T10	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T11	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T12	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T13	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T14	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T15	0,16	52,31	54,34	9,85	0,05	
T16	0,43	161,42	163,37	2,06	0,15	
T17	0,38	166,13	170,12	2,25	0,15	
T18	0,53	150,81	156,32	6,93	0,075	
T19	0,38	166,12	170,12	2,25	0,15	
T20	0,38	166,13	170,12	2,25	0,15	
T21	0,53	150,81	156,32	6,93	0,075	
T22	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T23	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T24	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T25	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T26	0,22	36,56	38,84	5,87	0,05	
T27	0,29	34,72	36,11	4,85	0,05	
T28	0,47	37,61	39,76	4,13	0,05	
T29	0,43	161,42	163,37	2,06	0,15	
T30	0,43	161,44	163,37	2,06	0,15	
T31	0,53	150,81	156,32	6,93	0,075	
T32	0,50	42,28	45,00	4,50	0,05	
T33	0,43	161,42	163,37	2,06	0,15	
T34	0,43	161,44	163,37	2,06	0,15	
T35	0,54	194,94	199,59	4,99	0,10	
T36	0,30	184,75	189,57	6,35	0,10	
T37	0,40	165,11	168,51	4,91	0,10	
T38	0,42	256,04	257,32	3,30	0,15	
T39	0,31	40,57	41,26	5,49	0,05	
T40	0,23	40,62	42,45	6,38	0,05	
T41	0,31	38,57	41,26	5,21	0,05	
T42	0,33	151,69	153,57	4,97	0,10	
T43	0,42	204,42	207,82	2,64	0,15	
T44	0,50	256,93	266,92	3,04	0,15	

ENGENHARIA CIVIL UFGD

Continuação						
T45	0,52	313,45	318,56	3,64	0,15	
T46	0,42	135,21	141,83	3,93	0,10	
T47	0,29	92,12	99,23	3,22	0,10	
T48	0,34	66,37	70,65	3,81	0,075	
T49	0,26	55,59	59,48	3,65	0,075	
T50	0,31	89,92	95,10	12,16	0,05	
T51	0,24	48,30	51,84	7,42	0,05	
T52	0,52	249,72	258,35	6,52	0,10	
T53	0,54	255,47	259,71	2,91	0,15	
T54	0,36	100,14	105,03	3,14	0,10	
T55	0,22	43,32	43,56	6,95	0,05	
T56	0,51	198,72	201,48	2,33	0,15	
T57	0,47	152,69	156,15	1,86	0,15	
T58	0,47	146,69	152,33	4,03	0,10	
T59	0,15	65,56	66,42	5,66	0,075	
T60	0,27	219,02	236,65	7,93	0,10	
T61	0,31	124,91	128,43	4,22	0,10	
T62	0,31	126,59	128,43	4,28	0,10	
T63	0,29	102,56	108,45	3,58	0,10	
T64	0,24	45,89	47,01	7,05	0,05	
T65	0,23	39,70	42,13	6,23	0,05	
T66	0,22	36,77	38,84	5,90	0,05	
T67	0,26	53,37	54,25	7,88	0,05	
T68	0,24	40,98	46,46	6,30	0,05	
T69	0,28	40,11	42,34	5,71	0,05	
T70	0,47	208,02	210,61	2,54	0,15	
T71	0,43	161,47	163,37	2,06	0,15	
T72	0,52	150,71	152,96	3,93	0,10	
T73	0,43	170,77	178,57	2,18	0,15	
T74	0,43	161,43	163,37	2,06	0,15	
T75	0,45	152,66	155,63	4,28	0,10	
T76	0,17	57,55	61,95	10,51	0,05	
T77	0,24	46,34	48,65	7,12	0,05	
T78	0,31	39,70	41,89	5,37	0,05	
T79	0,29	35,12	36,11	4,91	0,05	
T80	0,29	35,12	36,11	4,91	0,05	
T81	0,29	35,12	36,11	4,91	0,05	

Continuação					
T82	0,39	61,16	65,96	7,37	0,05
T83	0,38	158,79	166,35	2,15	0,15
T84	0,43	161,44	163,37	2,06	0,15
T85	0,44	157,20	162,01	4,46	0,10
T86	0,37	216,20	226,67	6,69	0,10
T87	0,43	161,44	163,37	2,06	0,15
T88	0,44	156,87	164,93	4,45	0,10
T89	0,59	55,73	57,93	5,46	0,05
T90	0,43	37,10	40,30	4,26	0,05
T91	0,29	34,93	36,11	4,88	0,05
T92	0,30	34,69	38,64	4,77	0,05
T93	0,30	34,69	38,64	4,77	0,05
T94	0,30	58,10	59,99	7,99	0,05
T95	0,28	194,70	210,03	6,92	0,10
T96	0,43	161,44	163,37	2,06	0,15
T97	0,48	152,86	158,21	4,15	0,10
T98	0,27	196,72	199,44	12,67	0,075

Fonte: Própria autora.

Segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005), as trincheiras são técnicas compensatórias lineares, as quais apresentam profundidades e larguras reduzidas e dimensões longitudinais significativas e é o que foi obtido no dimensionamento. Os comprimentos das trincheiras variaram de 44,44 a 561,75 metros, as larguras foram 1,0 metro e as profundidades variaram de 0,15 a 0,49 metros.

São Paulo (2021) aponta que tais dispositivos costumam ter largura e profundidade não ultrapassando 1,0 m, tornando o dimensionamento realizado satisfatório por esse parâmetro, porém descreve também as valas, outra técnica de drenagem sustentável, as quais apresentam larguras 4 a 10 vezes superiores às suas profundidades, fato que ocorreu nas trincheiras: T10, T11, T12, T14, T15, T25, T26, T40, T51, T55, T59, T64, T65, T66, T68, T76 e T77. Curitiba (2018) recomenda que as sessões das trincheiras variem da ordem de 0,5 x 0,5m a 1,0 x 1,0m e as trincheiras pontuadas, mesmo se não tivessem tido suas larguras fixadas em 1,0m, não atingiriam esta seção mínima.

Estas trincheiras apresentaram em comum baixas áreas de contribuição, as quais variaram de 610,43 m² a 1104,60 m², sendo que a média das áreas de contribuição de todas as trincheiras foi de 2349,62 m². Quanto maior a área de contribuição, maior o

volume a ser armazenado (SILVESTRI, 2018) e, conseqüentemente, maior a seção transversal. A maioria delas também apresentaram comprimentos inferiores à média mas, até as que apresentaram um comprimento mais elevado, por conta da baixa área de contribuição, tiveram sua seção transversal reduzida.

Com relação a vazão de saída, diretamente regida pelo diâmetro de saída, a mesma influenciou no tempo de funcionamento, no volume de armazenamento, e na configuração das curvas envelope ou PDF. A Trincheira T2, que no dimensionamento apresentou diâmetro de saída de 50 milímetros e tempo de esvaziamento de 4,73 horas, caso tivesse um diâmetro de saída de 150 mm, teria 3,07 minutos para esvaziar, tornando a estrutura da trincheira desnecessária, pois a detenção da água para evitar a sua rápida evacuação à jusante, praticamente não aconteceria.

Outra análise pode ser feita, através do Ssolicitado. Se, para um diâmetro de saída de 50 milímetros, o Ssolicitado da T2 é de 39,23m³, um diâmetro de saída de 150 milímetros, apresenta o Ssolicitado é de 3,81m³. Silvestri (2018) apresenta que quanto menor a vazão de saída, maior o volume a ser armazenado.

Ademais, o diâmetro de saída influencia a configuração das “curvas envelope” ou PDF. A Figura 5, à esquerda, apresenta a configuração da curva envelope da T2 com um diâmetro de saída de 50 mm e à direita, a configuração da curva para um diâmetro de 150 mm. Observa-se que, quanto maior for o diâmetro de saída, maior a quantidade de água escoada, definida pela reta vermelha no gráfico, obtida através da Equação 6, na seção 2.4.2, se comparada com as alturas da chuva de projeto, identificadas pela curva azul, obtida pela Equação 5 na seção 2.4.2.

Figura 5: Gráfico PDF obtido através do método das chuvas da T2 para um diâmetro de saída de 50 mm, à esquerda, e para um diâmetro de 150 mm, à direita



Fonte: Própria autora.

Em contrapartida, se o diâmetro de saída for muito pequeno, o tempo de esvaziamento pode ser maior do que o limite estabelecido por Baptista, Nascimento e Barraud (2005) de 24 horas. Os tempos de esvaziamento obtidos foram satisfatórios, variando entre 1,86 e 12,67 horas.

Com relação às vazões captadas pelos tubos dreno kananet, a vazão de absorção obtida para as trincheiras variaram de 1,69 m³/s a 8,90 m³/s, valores maiores do que as vazões de saída das trincheiras, tornando aprovado o dimensionamento segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005).

4 CONCLUSÃO

O dimensionamento das trincheiras de detenção para um condomínio, segundo metodologia de Baptista, Nascimento e Barraud (2005), com a utilização do método da curva envelope, foi satisfatório. Todos os volumes dimensionados, $S_{m\acute{a}x}$, foram maiores ou iguais aos volumes solicitados, $S_{solicitado}$, sendo esta uma das premissas básicas de aprovação do dimensionamento. Ademais, o tempo de esvaziamento de todas as trincheiras foi menor do que 24 horas, outra premissa básica imposta pelo autor.

Conseqüentemente, verificou-se que houve uma redução na vazão de saída do sistema, o que comprova a eficácia da detenção temporária das águas da chuva, evitando impactos sociais e ambientais a jusante. Espera-se que o presente trabalho possa difundir a ideia de utilização de técnicas de drenagem urbana sustentável e servir de base para dimensionamentos em outros bairros e outras cidades.

Partindo dessa premissa, o município de Dourados, MS não solicita que a vazão de projeto seja inferior ou igual à vazão de pré-ocupação da região a ser desenvolvida, por isso a vazão utilizada no dimensionamento foi proposta pela bibliografia, mas alguns municípios brasileiros já possuem esta exigência. Dessa forma, é necessário verificar junto à prefeitura do projeto se há esta solicitação antes do desenvolvimento do dimensionamento. A vazão de pré-ocupação inclusive pode ser utilizada como vazão de projeto, segundo Toledo (2017).

Com relação às trincheiras que não atenderam às dimensões: T10, T11, T12, T14, T15, T25, T26, T40, T51, T55, T59, T64, T65, T66, T68, T76 e T77, deve-se verificar a definição do traçado das trincheiras inicialmente, evitando definir áreas de contribuição muito pequenas e aumentando as seções e profundidades de outras trincheiras, visto que suas dimensões podem aumentar e se manter dentro do proposto por Curitiba (2018).

Com relação ao processo empregado para o cálculo das estruturas, foram utilizadas planilhas no excel para tal. E, embora essa ferramenta apresente muitas funções automáticas, que fez com que os dados iniciais lançados apresentassem resultados rapidamente, houve certa dificuldade com a quantidade de trincheiras, pois além da entrada dos dados iniciais ser manual, a análise e verificação de cada trincheira deve ser feita pelo pesquisador. Isso torna o processo bastante cansativo se tratando de uma grande quantidade de estruturas.

Como continuação para o presente trabalho, recomenda-se a elaboração de estudo de viabilidade econômica do sistema, além da verificação da influência da permeabilidade do solo na redução da vazão de saída. Pode ser verificado também a associação de outras estruturas compensatórias às trincheiras e sua viabilidade técnico-econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; POLETO, Cristiano. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos**. Holos Environment, Paraná, v. 2, n. 12, p. 121-131, out. 2012.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília - Df: Agência Nacional de Águas, 2018. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Abrh - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

BRASIL. **Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020**, que atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 01 jun. 2021.

CAMPO GRANDE. **Decreto nº 12680, de 9 de julho de 2015**. Aprova o Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Campo Grande - Ms.Campo Grande, MS, 2015. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/wp-content/uploads/sites/18/2016/12/Plano-Diretor-de-Drenagem-Urbana.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPCAO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **SciELO**, Rio de Janeiro, v. 43, n. spe3, p. 94-108. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307>. Acesso em: 01 jun. 2021.

CONSTRUTORA, Corpal Incorporadora e. **ProjUrbanisticoFinalRevisado_PortoMaderoDourados_06Jan2014**. 06 jan. 2014.

CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba Volume IV - Manual de Drenagem**. 2018. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2018/00238310.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

DOURADOS. **Lei Complementar Nº 205, de outubro de 2012**, que dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo e o Sistema Viário do município de Dourados. Disponível em: https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/LeiComplementar_205-2012_Zoneamento.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.

DOURADOS. **Lei Nº 4.231, de 14 de dezembro de 2018**, que dispõe sobre o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Disponível em: <https://do.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/ANEXO-2.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GOSUR. **Satélite**. 2021. Disponível em: <https://satellite-map.gosur.com/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

IBGE. **Panorama da cidade de Dourados**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/dourados/panorama>. Acesso em: 10 mar. 2021.

LUCAS, Alessandro Hirata *et al.* Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **SciELO**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 17-28, mar. 2015. FapUNIFESP. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000079923>. Acesso em: 01 jun. 2021.

MARTINS, Leandro Guimarães Bais. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. 2017. 197 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

OLIVEIRA, Alinne Prado de. **Avaliação da multifuncionalidade e de custos de técnicas compensatórias de drenagem na revitalização de áreas urbanas em Guarulhos, SP**. 2018. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

OTTONI, Adacto Benedicto; ROSIN, Jeane Ap. R. de Godoy; FOLONI, Fernanda Moço. **Drenagem Urbana: soluções alternativas sustentáveis**. Tupã/sp, Anap, 2018.

PEREIRA, Silvio Bueno; FIETZ, Carlos Ricardo; PEIXOTO, Paula Pinheiro Padovese; ALVES SOBRINHO, Teodorico; SANTOS, Fabrício de Moura. **Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação para a Região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa, 2007.

PEREIRA, Tássia Romanne Duarte da Silva. **Projeto paisagístico como instrumento de integração de técnicas compensatórias à paisagem urbana: estudo de caso aplicado em planos de infiltração do campus da UFSCAR**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

PLÁSTICOS, Kanaflex S/A Indústria de. **Kanonet: tubos perfurados para drenagem**. Disponível em: http://www.kanaflex.com.br/novosite/arquivos/mt_5.pdf. Acesso em: 18 out. 2021.

PORTO ALEGRE, Prefeitura de. **Caderno de Encargos do Departamento de Esgotos Pluviais**. Porto Alegre: Departamento de Esgotos Pluviais, 2005b.

RIBEIRO, Alessandro Mendes. **BMP's em Drenagem Urbana - Aplicabilidade em cidades brasileiras**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SANTOS, Paulo Renato Araújo Malta; SILVA, João Arthur Borne de Lima. **Utilização do pavimento permeável para a drenagem urbana**. 2018. 44 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2018.

São Paulo. **Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias**. 2021. Secretaria municipal de mobilidade e transporte. <https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/manual/6-infraestrutura-verde-e-azul/6-2-infraestrutura-verde-e-azul/6-2-4-trincheiras-de-infiltracao-e-de-detencao>. Acesso em: 20 out. 2021.

SILVESTRI, Gabriel Roberto. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica de um sistema de drenagem por trincheiras de detenção em um loteamento residencial**. 2018. 150 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

STARZEC, Mariusz; DZIOPAK, Józef; SIYŚ, Daniel. An Analysis of Stormwater Management Variants in Urban Catchments. **Resources**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 1-19, 20 fev. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/resources9020019>. Acesso em: 20 fev. 2021.

TOLEDO, município de. **Manual de drenagem urbana – volume 1**. Toledo, Paraná. Ago. 2017.

TUCCI, Carlos E. M.. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 01 jan. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/issue/view/751>. Acesso em: 01 jun. 2021.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Abrh - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995.

Urbonas, B.; Stahre, D. **Stormwater: Best management practices and detention for water quality, drainage CSO management**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 449 p.,1993.