



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

Ana Vitória Lourenço de Oliveira

**PROPOSTA DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMA
DE DRENAGEM PLUVIAL:**

Estudo de caso do Condomínio Chácaras Copaíba III em Uberlândia/MG

**Uberlândia/MG
2026**

ANA VITÓRIA LOURENÇO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMA
DE DRENAGEM PLUVIAL:**

Estudo de caso do Condomínio Chácaras Copaíba III em Uberlândia/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia - UFU como
requisito para a obtenção do título de Engenheiro
Ambiental e Sanitarista.

Profa. Orientadora: Alice Rosa da Silva

Co-Orientador: Bruno de Oliveira Lázaro

**Uberlândia/MG
2026**

AGRADECIMENTOS

Foram 8 longos anos que, mesmo longos, passaram voando. Foram noites mal dormidas, dias cansativos, finais de semana mergulhada em slides e livros. Foram tantos os desafios, que por vezes a ideia de desistir me pareceu a melhor opção, mas nesses momentos, Ele me deu forças para continuar, mesmo que chorando, mesmo que com sono, mesmo que cansada e até mesmo perdida, Ele não me deixou desistir e hoje vejo as inúmeras formas com que Ele me guiou por essa longa estrada chamada de graduação. Cada esforço e gesto de carinho da minha família, sobretudo dos meus pais – Adelson e Eliana, cada palavra de consolo e incentivo dos meus amigos de dentro e de fora da UFU, cada risada e conselho dos meus companheiros do estágio, a dedicação e puxões de orelha de cada professor e a paciência e compreensão dos meus queridos orientadores! A presença de cada um de vocês na minha vida é a prova de que mesmo nos dias difíceis, Deus deu um jeitinho de colocar alguns de seus anjos para cuidar muito bem de mim.

E de maneira especial, queria citar o nome de duas pessoas que, infelizmente, não poderão ler isso. Obrigada vovô Lourenço e vovó Anália por também fazerem parte dessa etapa da minha vida, mesmo que daí de cima!

Essa e as novas conquistas que estão por vir são fruto daquilo que vocês ajudaram a construir!

Muito obrigada!

RESUMO

A rápida expansão do município mineiro de Uberlândia culminou no surgimento de diversos loteamentos ao redor do centro urbano, dentre os quais tem-se o Condomínio Chácara Copaíba III, onde a ausência de pavimentação e, principalmente, de infraestruturas de drenagem pluvial acarretam problemas como o acúmulo de água na via, processos erosivos e transtornos aos moradores do local. Pensando nisso, o presente trabalho objetivou propor um sistema de drenagem pluvial adequado às condições do local, de modo a mitigar os impactos oriundos do escoamento da água da chuva na única via que corta o condomínio. Para isso, foi realizada a coleta de dados fisiográficos in locu, juntamente com um levantamento bibliográfico para posterior dimensionamento de uma estrutura capaz de coletar e conduzir a água da chuva de forma eficiente e segura. Assim, mediante os parâmetros calculados, chegou-se à proposição de um sistema de drenagem composto por um par de sarjetas conectadas a uma caixa de passagem que por sua vez se ligam a tubulações em PEAD, as quais direcionam a vazão coletada até o ponto de descarga. Desse modo, a estrutura proposta demonstra ter a capacidade de remediar os problemas oriundos do escoamento de água pela via que corta o condomínio.

Palavras-chave: saneamento básico, escoamento, drenagem pluvial, dimensionamento.

ABSTRACT

The rapid expansion of the municipality of Uberlândia in Minas Gerais culminated in the emergence of several housing developments around the urban center, among which is the Chácara Copaíba III Condominium, where the absence of paving and, mainly, of rainwater drainage infrastructures, causes problems such as the accumulation of water on the road, erosive processes, and disturbances to the local residents. With this in mind, the present work aimed to propose a rainwater drainage system suitable to the local conditions, in order to mitigate the impacts arising from the runoff of rainwater on the only road that crosses the condominium. For this, physiographic data were collected in locu, together with a bibliographic survey for later dimensioning of a structure capable of collecting and conducting rainwater efficiently and safely. Thus, through the calculated parameters, the proposition of a drainage system composed of a pair of gutters connected to a junction box that in turn are connected to HDPE pipes was reached, which direct the collected flow to the discharge point. Thus, the proposed structure demonstrates the capacity to remedy the problems arising from the runoff of water along the road that crosses the condominium.

Keywords: basic sanitation, runoff, stormwater drainage, sizing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS.....	8
2.1.1 CONCEITOS HIDRÁULICOS.....	8
2.1.2 CONCEITOS HIDROLÓGICOS.....	11
2.2 OBSERVAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA PROJETO DE CANAIS.....	15
3. METODOLOGIA.....	16
4. RESULTADOS PRELIMINARES.....	17
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	17
4.2 PERFIL DE ELEVAÇÃO DA VIA.....	19
4.3 GRANULOMETRIA DO SOLO.....	20
4.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	23
4.5 INTENSIDADE DE CHUVA.....	23
4.6 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	24
4.7 VAZÃO HIDROLÓGICA.....	24
5. DIMENSIONAMENTO DA REDE.....	24
5.1 DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS.....	25
5.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO.....	27
5.3 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE PASSAGEM.....	28
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
6.1 MANUAL DE USO.....	29
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	30
6.3 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICE – MEMORIAL DE CÁLCULO.....	34

1. INTRODUÇÃO

Uberlândia é a segunda maior cidade do estado de Minas Gerais em área urbana, sendo reconhecida como “Capital Nacional da Logística” devido ao seu posicionamento geográfico estratégico. Somado a isso, o município ainda se destaca por sua infraestrutura que engloba aspectos como habitação, saneamento, transporte e telecomunicações. Assim, o município atrai grandes investimentos, além de um número expressivo de pessoas que escolhem a cidade para viver. De acordo com dados do último censo, Uberlândia possui mais de 713 mil habitantes (IBGE, 2022).

Contudo, o ritmo de desenvolvimento da infraestrutura municipal não consegue acompanhar o crescimento acelerado dos novos loteamentos, os quais se expandem rapidamente ao redor do centro urbano. Assim, o município já enfrenta problemas oriundos de sua rápida expansão, com destaque para as enchentes e alagamentos que são uma consequência do aumento do escoamento superficial da água da chuva decorrente da falta de planejamento urbano, sobretudo em relação ao manejo inadequado da rede de drenagem e da redução das áreas permeáveis para infiltração da água (ROSA, 2023) resultando em danos físicos e perdas materiais aos cidadãos, além de problemas ao meio ambiente.

Em vista disso, fica evidente a importância da drenagem pluvial, a qual constitui um dos 4 pilares do saneamento básico que, segundo a Lei nº 14.026 de 2020, englobam também o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento de esgoto e o manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2020) a fim de promover a saúde e a qualidade de vida da população. Esta mesma lei prevê que os planos de saneamento básico devem estar em conformidade com os planos diretores municipais, conforme parágrafo 3º do Art. 19:

“Os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas e com planos diretores dos Municípios em que estiverem inseridos, ou com os planos de desenvolvimento urbano integrado das unidades regionais por eles abrangidas.”

No que diz respeito ao sistema de drenagem pluvial, a cidade de Uberlândia não possui um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) voltado ao planejamento e gestão das águas pluviais, mesmo que este instrumento conste como uma das diretrizes ambientais previstas no plano diretor municipal instituído em 2006 pela lei complementar nº 432 (UBERLÂNDIA, 2006). Assim, no ano de 2017, a rede de drenagem municipal passou para a responsabilidade

do Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE, o qual ficou incumbido das ações de ampliação e manutenção desta, bem como pela aprovação e fiscalização dos projetos de drenagem de novos empreendimentos (DMAE, 2024).

No entanto, a cidade possui muitos desafios referentes à boa gestão e planejamento de sua rede pluvial. Para isso, o dimensionamento adequado dos sistemas de drenagem é imprescindível, sobretudo, para novos loteamentos, a fim de implementar sistemas capazes de reduzir os problemas que impactam a vida da população e o meio ambiente (ROSA, 2023).

Dentro deste contexto, insere-se o condomínio de chácaras Copaíba III, localizado na zona oeste da cidade de Uberlândia, o qual foi regularizado no ano de 2022 e conta com uma área de 12 ha divididos em 117 lotes distribuídos ao longo de uma única via com extensão aproximadamente de 922 m. O local ainda não possui uma infraestrutura de saneamento e de drenagem urbana adequada, de modo que os moradores fazem uso de poços artesianos e fossas sépticas.

No mais, a via que corta o condomínio não é pavimentada, de modo que possui muitas irregularidades agravadas pelo intenso escoamento superficial que ocorre no período chuvoso, levando ao acúmulo de água em diversos pontos, abertura de sulcos, enxurradas, além do carreamento de material para a parte mais baixa do terreno, onde se localiza uma área de preservação permanente e um curso d'água, denominado de córrego Laranjeiras.

Tal situação prejudica os moradores e pode acelerar o processo de degradação do curso d'água através de alterações de suas características como cor e turbidez, além da deposição de material sedimentar levando a deterioração do ecossistema aquático (PORTO, 1995 *apud* LIMA, 2009). Vale ressaltar que tal situação vem se intensificando devido as chuvas cada vez mais irregulares e intensas que ocorrem ano após ano, de modo que a comunidade local anseia por uma solução para este problema.

Desse modo, com base nas características do loteamento, observou-se que uma possível solução para o local seria a implementação de um projeto baseado no uso de valas de drenagem ligadas, por meio de uma caixa de passagem, a tubulações que operam como condutos livre para descarregar a vazão coletada no curso d'água local. Cabe pontuar que as valas de drenagem, ou sarjetas, consistem em depressões longitudinais escavadas no solo com o objetivo de captar a água da chuva que escoar sobre a superfície, armazenando-a temporariamente e promovendo também sua infiltração (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, 2012).

Com base nesse cenário, o presente trabalho busca propor o dimensionamento hidráulico de um sistema de drenagem pluvial para a área do condômino Chácaras Copaíba III, a fim de minimizar os danos causados pelo escoamento de água pluvial nos períodos de chuva intensa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A drenagem pluvial é um dos pilares do saneamento básico descrita na Lei nº 14.026 de 2020, onde é definida por um conjunto de atividades e infraestruturas que visam o transporte, detenção, retenção para amortecimento de vazões de cheia e disposição final da água da chuva que escoar sobre a superfície (BRASIL, 2020), a fim de reduzir problemas como inundações, enchentes e demais transtornos causados pelos deflúvios, seja para a população ou para o meio ambiente. Para isso, são necessárias ações de pequena e grande escala, ou seja, as infraestruturas de drenagem devem abranger a microdrenagem, mediante a coleta de água pluvial das vias públicas por meio de estruturas tais como sarjetas, tubulações e bocas de lobo; e a macrodrenagem, a qual recebe a água coletada pelos sistemas que compõe a microdrenagem conduzindo-a até um curso d'água ou barramento (KAMURA *et al.*, 2006 *apud* JÚNIOR *et al.*, 2021).

Contudo, a implementação de sistemas de drenagem pluvial ainda se depara com a falta do planejamento adequado de sua estrutura e funcionamento, tendo em vista a ausência de estudos aprofundados sobre a inter-relação entre as diferentes variáveis que compõem o crescimento dos centros urbanos (CANHOLI, 2014).

No intuito de evitar este e outros transtornos oriundos da falta de planejamento urbano, os municípios com mais de 20 mil habitantes devem possuir um Plano Diretor, o qual é um instrumento político que visa nortear o desenvolvimento e a expansão urbana, promovendo assim a qualidade de vida de seus cidadãos (BRASIL, 2001).

Neste contexto, é importante ressaltar que as cidades que estão incluídas no Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos devem conter em seus respectivos planos diretores ações relativas à medidas de drenagem pluvial urbana fundamentais para a prevenção e redução de impactos, conforme descrito no artigo 42-A da Lei nº 10.257 de 2001.

Desse modo, além de possuir uma população superior a 700 mil habitantes segundo o IBGE 2022, Uberlândia também aparece entre as 1.942 cidades com maior risco de sofrer com desastres naturais, sendo as enxurradas o principal tipo de risco mapeado (Nota Técnica, 2023). Com isso, o ideal seria que o município contasse com um Plano Diretor de Drenagem Urbana, contudo, apesar deste estar descrito no artigo 14 da Lei complementar nº 432 de 2006, o mesmo não foi de fato implementado.

Aqui, também é importante pontuar que os sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto possuem normas técnicas específicas voltadas para orientar seu dimensionamento, entretanto, quando se trata da rede de drenagem urbana, não existe uma norma técnica que se designa exclusivamente para determinação dos principais parâmetros e considerações a serem feitas durante a concepção deste sistema, o que por sua vez se torna um dos maiores desafios enfrentados pelos implementadores de obras de drenagem, seja no setor público ou privado.

2.1 DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS

Considerando a complexidade do tema, faz-se necessário a apresentação de alguns conceitos teóricos, visando simplificar o entendimento do texto, bem como torná-lo mais fluido. Assim, as definições apresentadas foram divididas em conceitos hidráulicos e hidrológicos.

2.1.1 CONCEITOS HIDRÁULICOS

a. Conduto livre

Condutos podem ser entendidos como estruturas por onde ocorre o escoamento de fluidos, de modo que quando operam com uma pressão diferente da pressão atmosférica, estes são denominados condutos forçados, a exemplo de tubulações e encanamentos. Por sua vez, quando os condutos operam com uma pressão igual a atmosférica, estes são denominados de condutos livres, tais como calhas, drenos e canais, sendo importante ressaltar que as tubulações também podem ser classificadas como condutos livres, desde que não estejam operando com sua seção completamente preenchida pelo fluido que ali escorre (NETO A. et. al., 1998). Para este trabalho, foram considerados apenas os condutos que operam sob pressão atmosférica, ou seja, os condutos livres.

b. Princípio da conservação de energia

O princípio da conservação de energia é descrito por meio da equação de Bernoulli (Eq. 1), a qual indica que em todos os pontos da trajetória descrita por um fluido perfeito o somatório

das alturas piezométrica $\left(\frac{p}{\gamma}\right)$, cinética $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ e hidráulica (Z), sendo Z igual a altura potencial do fluido se mantêm constantes (NETO A. et. al., 1998), sendo valido frisar que p corresponde a pressão, γ ao peso específico, v é a velocidade, g a aceleração da gravidade e, por fim, Z a altura potencial do fluido.

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (Eq. 1)$$

Contudo, para fluidos reais, é necessário considerar fatores como o atrito e a viscosidade, os quais levam a uma perda de energia que se dissipa na forma de calor. Desse modo, torna-se necessário a inclusão de mais um termo corretivo na equação, referente a perda de carga (h_f) (NETO A. et. al., 1998).

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_f \quad (Eq. 2)$$

Assim, é possível afirmar que para um escoamento contínuo e permanente de um fluido real, a carga total de energia em um ponto qualquer da trajetória deste fluido é igual à carga total num ponto a jusante deste somado a perda de carga entre ambos os pontos considerados (NETO A. et. al., 1998).

c. Perda de carga

Ao escoar sobre uma superfície sólida, os fluidos sofrem resistência ao seu deslizamento, sendo que para tal resistência dá-se o nome de atrito externo, o qual se origina de uma fina camada fluida que se adere a superfície sólida do canal exercendo assim a função de freio para o restante do fluido que segue em movimento. Desse modo, o escoamento de fluidos por canais só ocorre com a perda de parte de sua energia inicial. Em outras palavras, verifica-se uma perda de carga (NETO A. et. al., 1998).

d. Fórmula para canais

Os cálculos em canais estão baseados em equações de resistência, as quais ligam a perda de carga em um trecho à velocidade média ou vazão, através de parâmetros geométricos e da rugosidade do perímetro molhado (PORTO, 2006). Ainda segundo o mesmo autor, a fórmula de Chézy (Eq. 3) é indicada para os escoamentos turbulentos rugosos em canais:

$$V = c \cdot \sqrt{R_H \cdot i} \quad (Eq. 3)$$

onde V é a velocidade média da água (m/s), R_H é o raio hidráulico (m), i é a declividade de fundo do canal (m/m) e c é o coeficiente de resistência ou coeficiente de rugosidade de Chézy (adimensional), sendo este descrito matematicamente conforme a equação a seguir (Eq. 4), onde n indica o coeficiente de rugosidade de Manning (NETO A. et. al., 1998):

$$c = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{1}{6}} \quad (Eq. 4)$$

Desse modo, ao realizar a substituição da Eq. 3 na fórmula de Chézy (Eq. 4) e considerando a equação da continuidade, na qual $Q = A \cdot V$, sendo Q a vazão (m³/s) e A a área (m²) referente a seção transversal por onde o fluido escoar, obtém-se a equação de Manning (Eq. 5) (NETO A. et. al., 1998).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (Eq. 5)$$

Aqui, cabe pontuar que a variável R_H é dada pela relação entre a área molhada (A_m) e o perímetro molhado (P_m) de uma estrutura hidráulica (NETO A. et. al., 1998).

e. Regimes de escoamento

Segundo Porto (2006), o regime de escoamento em um canal pode ser obtido através do número de Reynolds, dado por fórmula $Re = \frac{D \cdot V}{\nu}$, onde D é o diâmetro do tubo (m) e ν a viscosidade cinemática do fluido (m²/s), o qual, para a água, equivale 10⁻⁶ m²/s numa temperatura de 20°C. Desse modo, o regime laminar é caracterizado por $Re < 500$ e o regime turbulento por $Re > 2000$. Vale lembrar que no estudo de canais Reynolds é expresso por $\frac{R_H \cdot V}{\nu}$.

Ainda segundo Porto (2006), outro número adimensional muito utilizado corresponde ao número de Froude, dado por $Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_h}}$, onde V representa a velocidade do fluxo (m/s), g corresponde a gravidade (m/s²) e y_h é a profundidade hidráulica (m), a qual corresponde a razão entre a área molhada (A_m) e a largura superficial que se encontra em contato com atmosfera. Assim, o escoamento subcrítico ou fluvial é determinado quando $Fr < 1$, o supercrítico ou torrencial quando $Fr > 1$ e, por fim, o escoamento crítico é dado quando $Fr = 1$.

f. Seção circular

As seções de geometria circular são empregadas em projetos onde há necessidade da utilização de canais fechados, tais como as galerias de águas pluviais. Contudo, este tipo de seção possui algumas particularidades oriundas de seu formato, tendo em vista que este gera

uma singularidade na forma como o raio hidráulico varia em relação a lâmina d'água. Desse modo, a determinação de parâmetros como o ângulo, a área molhada e o próprio raio hidráulico são calculadas pelas seguintes relações matemáticas Porto (2006):

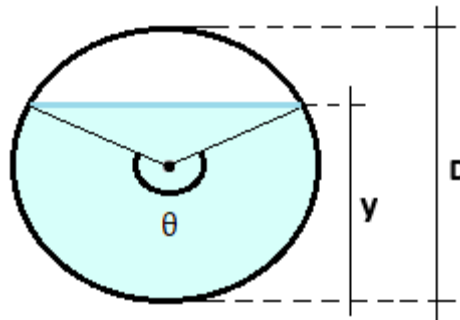
$$\theta = 2 \cdot \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot y}{D} \right) \quad (Eq. 6)$$

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(\theta - \text{sen } \theta)}{8} \quad (Eq. 7)$$

$$R_H = \frac{D \cdot \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right)}{4} \quad (Eq. 8)$$

onde D corresponde ao diâmetro da seção circular (m), y a altura da lâmina d'água no interior do tubo e θ é o ângulo central do tubo, conforme figura 1.

Figura 1: Representação da seção circular.



Quando tais equações são aplicadas na equação de Manning torna-se possível determinar a vazão de escoamento em função de θ , sendo válido pontuar que a vazão máxima é atingida quando θ se iguala a $302,5^\circ$, o que por sua vez corresponde a um y de $0,94.D$, ou seja, a vazão máxima num conduto livre de seção circular não ocorre com uma seção plena. Contudo, na prática, utiliza-se para y o limite de $0,75.D$, tendo em vista que na seção de máxima vazão a altura da lâmina d'água é tão próxima do diâmetro que qualquer instabilidade no escoamento pode fazer com que o conduto passe a operar como um conduto forçado (Porto, 2006).

2.1.2 CONCEITOS HIDROLÓGICOS

a. Precipitação

Chuva e precipitação podem ser encaradas como duas palavras sinônimas, as quais constituem-se numa variável de grande importância para o desenvolvimento de estudos e projetos hidrológicos, com destaque para a determinação da precipitação máxima, ou chuva de

maior intensidade, que cai sobre uma dada região de interesse. Assim, para o desenvolvimento de projetos hidrológicos tais como barramentos e obras de drenagem, é necessário um conhecimento prévio acerca de informações relativas à intensidade, duração e frequências das chuvas intensas. Desse modo, a relação entre estas três variáveis podem ser obtidas por meio da curva IDF (Curva Intensidade-Duração-Frequência), a qual expressa a máxima intensidade de chuva registrada no decorrer de vários intervalos de tempo, de forma que, partindo de tal curva, é possível obter uma equação de chuvas intensas (PETRUCCI, 2018).

É importante destacar que para a construção da curva IDF são necessários no mínimo uma série de dados climatológicos dos últimos 30 anos, os quais devem passar por diversas análises e tratamentos estáticos, os quais culminam na seguinte equação, a qual representa um modelo empírico:

$$I = \frac{a \cdot T^b}{t^c} \quad (Eq. 9)$$

onde I é a intensidade de chuva (mm/h), T o período de retorno (anos), t a duração da chuva (min) e os coeficientes “a”, “b” e “c” são parâmetros de ajuste oriundos do tratamento estatístico dos dados.

Cabe destacar também que de acordo com a sua intensidade, a chuva recebe diferentes classificações, tal como descrições da tabela 1, adaptada com base num compilado de informações sobre intensidade de chuvas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Organização Meteorológica Mundial (WMO).

Tabela 1: Classificação da chuva pela intensidade.

Classificação	Intensidade de chuva (mm/h)
Fraca	< 2,5
Moderada	2,5 – 10,0
Forte	10,0 – 50,0
Muito Forte	> 50,0

Fonte: adaptado de INMET (2025) e WMO (2025).

b. Tempo de recorrência

Eventos hidrológicos tendem a ocorrer com um certo padrão dentro de uma escala temporal, ou seja, através de estudos climatológicos é possível realizar previsões referentes a ocorrência de um evento chuvoso de alta intensidade sobre uma determinada região. Assim, o tempo de recorrência, também denominado tempo de retorno, é definido como um intervalo

médio de tempo no qual um dado evento hidrológico de intensidade e duração conhecidos, voltará a ocorrer ou ser superado. Dessa forma, tal parâmetro está estritamente ligado ao custo e a segurança de estruturas hidráulicas (ROCHA, 2022).

c. Escoamento superficial

A água da chuva interage de diferentes formas ao cair sobre a superfície, podendo ser interceptada pela cobertura vegetal, infiltrar no solo, se acumular nos pontos mais baixos do terreno ou escoar dando origem a córregos, rios e enxurradas. A proporção entre os diferentes tipos de interceptação depende de fatores como declividade, impermeabilização do solo, tipo de vegetação na área, capacidade de infiltração, dentre outros (NETO A. et. al., 1998).

d. Coeficiente de Deflúvio

O coeficiente de deflúvio (C), denominado também de coeficiente de escoamento, pode ser entendido como o resultado da ação do terreno sobre a água da chuva, de modo que relaciona o volume escoado com o volume precipitado. Assim, existe uma série de tabelas que apresentam valores determinados para C em função do tipo de superfície tal como áreas de solo exposto, asfalto, telhados, jardins, dentre outros. Contudo, é possível calcular o valor de C por meio da equação de Horner dada por:

$$C = 0,364 \cdot \log t + 0,0042 \cdot r - 0,145 \quad (Eq. 10)$$

onde t representa a duração da chuva (min) e r a porcentagem de impermeabilidade da área de estudo (NETO A. et. al., 1998), sendo válido destacar que quanto maior o coeficiente obtido, menor a permeabilidade do solo.

e. Bacia hidrográfica

Também chamada de bacia de contribuição, corresponde a uma área geográfica delimitada por vertentes, as quais escoam a água da chuva para o ponto de menor cota, também denominado de seção de drenagem (NETO A. et. al., 1998). Neste trabalho, a área da bacia hidrográfica corresponde à área total do condomínio em estudo.

f. Tempo de concentração

O tempo de concentração (t_c) é definido como um intervalo de duração da chuva necessário para que toda a área da bacia hidrográfica passe a contribuir para a vazão de água na seção de drenagem, sendo que essa variável é influenciada por uma série de características físicas e naturais do terreno, com destaque para a declividade e o comprimento do talvegue, ou

seja, a linha de maior profundidade da bacia. Assim, para o cálculo do tempo de concentração utiliza-se a equação de Picking dada por:

$$t_c = 5,3 \cdot \left(\frac{L^2}{i} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (Eq. 11)$$

no qual L indica o comprimento do talvegue (km) e i a declividade média do talvegue (m/m), sendo o resultado de t_c dado em minutos (NETO A. et. al., 1998). Para efeitos práticos deste projeto, a totalidade da via que corta o condomínio foi considerada como o talvegue principal da área em estudo.

g. Vazão de projeto

Os estudos relativos ao escoamento superficial buscam estimar a vazão de projeto para obras hidráulicas, tais como vertedores, galerias e demais estruturas de drenagem. Para isso, existe uma gama de métodos que podem ser aplicados em sua determinação, sendo o método racional a metodologia mais utilizada para bacias inferiores a 500 ha (NETO A. et. al., 1998), sendo esta calculada pela equação abaixo:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad (Eq. 12)$$

sendo C corresponde ao coeficiente de deflúvio, ou de escoamento (adimensional), I é a intensidade de chuva com duração igual ao tempo de concentração (mm/h) e A é a área da bacia de drenagem (ha), de modo a ser obtido um Q em m³/s.

h. Granulometria do solo

O solo é um sistema composto por inúmeras partículas oriundas da biodegradação de organismos vivos e, principalmente, do intemperismo de rochas e minerais ao longo de milhares de anos. Tais partículas possuem diâmetros ($\emptyset$) diversos sendo agrupadas de acordo com suas dimensões em quatro classes: argila ($\emptyset < 0,002\text{mm}$); silte ($0,002 < \emptyset < 0,06\text{mm}$); areia ($0,06 < \emptyset < 2,0\text{mm}$) e pedregulhos ($2,0 < \emptyset < 60\text{mm}$). Em relação a areia, cabe pontuar que esta é uma classe que se subdivide em areias finas ($0,06 < \emptyset < 0,20\text{mm}$); areias médias ($0,20 < \emptyset < 0,60\text{mm}$); e areias grossas ($0,60 < \emptyset < 2,0\text{mm}$), frações estas que juntas dão origem a solos permeáveis, com pouca ou nenhuma coesão e sem plasticidade. Portanto, a análise ou classificação granulométrica visa categorizar o solo com base nas dimensões de seus grãos, segundo a porcentagem de cada classe contida no mesmo (ABNT, 2022).

2.2 OBSERVAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA PROJETO DE CANAIS

O desenvolvimento de um projeto de drenagem através de canais envolve o planejamento, dimensionamento e construção do sistema, etapas que possuem uma série de restrições de natureza topográfica e geotécnica. Tais restrições são fatores limitantes ao dimensionamento, de modo que são necessárias que algumas observações sejam consideradas. Para isso, foram pontuadas 5 das 11 observações descritas por Porto (2006) para o dimensionamento dos canais:

- É necessário considerar uma rugosidade de 10 a 15% maior que os valores tabelados para as paredes e para o fundo do canal, a fim de suprir problemas a longo prazo decorrentes do mau uso e/ou ausência de manutenção adequada do sistema.
- Para canais abertos a altura da lâmina d'água deve ser de 20 a 30% maior que o valor máximo calculado no intuito de permitir uma folga na capacidade de vazão do canal, prevendo-se situações como a sobrelevação do nível d'água, bem como a diminuição da seção decorrentes do acúmulo de sedimentos no fundo do canal. Tal acréscimo na altura da lâmina d'água funciona como fator de segurança do projeto.
- Para canais revestidos por concreto devem ser previstas juntas de dilatação, bem como a aplicação de drenos nas paredes e no fundo do canal, a fim de evitar subpressão em locais onde o nível do lençol freático esteja próximo à superfície.
- Em canais, a declividade de projeto deve permitir que a velocidade média do escoamento seja superior à velocidade mínima estabelecida, a fim de evitar deposição de sedimentos ao longo do canal. Contudo, a velocidade média deve ser inferior à velocidade máxima estabelecida evitando processos erosivos das paredes e fundo do canal. Desse modo, a adoção de uma velocidade média máxima compatível com o revestimento utilizado pode ser aplicada como um dos critérios de projeto.
- Visando a estabilidade da estrutura é necessário o estabelecimento de uma máxima inclinação dos taludes, de modo que esta deve ser inferior ao ângulo de repouso do material de recobrimento, ou seja, o ângulo mais íngreme em que o material pode ser empilhado sem que desabe.

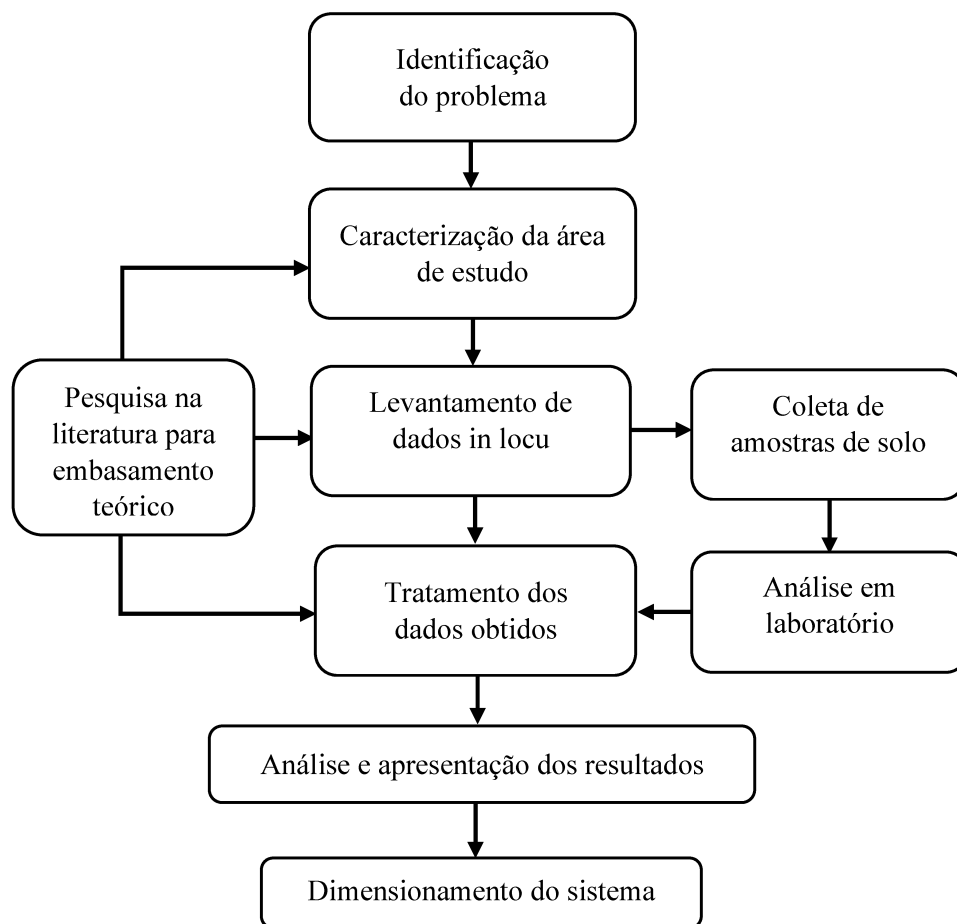
Assim, os critérios aqui apresentados serviram de base para o dimensionamento do sistema de drenagem.

3. METODOLOGIA

Mediante as informações apresentadas anteriormente, este trabalho visa propor o dimensionamento de um sistema de drenagem pluvial capaz de minimizar os problemas oriundos do escoamento superficial da água durante o período chuvoso no condomínio Chácaras Copaíba III, localizado na zona oeste de Uberlândia/MG.

Para isso, foi realizada uma caracterização geral da área de estudo, concomitantemente ao levantamento bibliográfico das informações necessárias para o dimensionamento do sistema de drenagem, conforme o fluxograma das ações realizadas (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma metodológico



Fonte: Autor, 2025.

Mediante ao fluxo metodológico proposto, foi possível realizar o desenvolvimento matemático dos dados com base na bibliografia descrita na fundamentação teórica deste trabalho, a fim de apresentar os resultados preliminares referentes ao perfil de elevação da via, granulometria do solo, tempo de concentração, intensidade da chuva, uso e ocupação do solo e

vazão hidrológica, informações fundamentais para determinação dos parâmetros construtivos do projeto.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

A seguir são apresentados os valores obtidos para cada uma das variáveis necessárias para o dimensionamento do sistema, bem como as análises iniciais dos resultados preliminares calculados para cada uma destas. Vale destacar que o memorial de cálculo detalhado foi inserido no Anexo I deste trabalho.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O condomínio chácaras Copaíba III começou a ser ocupado ainda no ano de 2012 de forma irregular, contudo em 2022 a associação de moradores do local conseguiu na justiça a regularização dos lotes que hoje abrigam cerca de 146 moradores, os quais utilizam suas chácaras como moradia e/ou para lazer aos fins de semana. A Figura 3 apresenta os limites do condomínio.

Figura 3: Área do condomínio Chácaras Copaíba III.



Fonte: Autor, 2025.

No total são 12 ha distribuídos em 117 lotes ao longo de uma única via com cerca de 922 m. Entretanto, o local ainda não possui uma infraestrutura adequada, de modo que os moradores utilizam cisternas e poços artesianos para o abastecimento de água e fossas sépticas para descarte do esgoto. Somado a isso, tem-se a ausência de estruturas para a drenagem pluvial

da via, tendo em vista que durante o período chuvoso ocorrem enxurradas e a formação de diversas poças d'água sobre a mesma, já que a via não é pavimentada. Pontua-se também a formação de sulcos, erosões, além do acúmulo de sedimentos ao longo da via, problemas que dificultam a circulação de veículos e pessoas pelo local.

Figura 4: Formação de poças d'água (4a; 4b; 4c), sulcos (4d) e acúmulo de sedimentos (4e).



Fonte: Autor, 2025.

Assim, os moradores do condomínio buscam por alternativas para amenizar os problemas oriundos do escoamento de água que ocorre nos dias chuvosos, dentre as quais têm-se a instalação de pequenas estruturas de drenagem e a compactação da via em seus pontos mais críticos, juntamente com a construção de quebra-molas os quais auxiliam na redução da velocidade com que a água escoar. Dessa forma, é possível afirmar que tais medidas oferecem uma solução a curto prazo se levando em conta que, além de não atenderem a via em sua completude, as mesmas encontram-se defasadas, tendo em vista que essas não passam por manutenção.

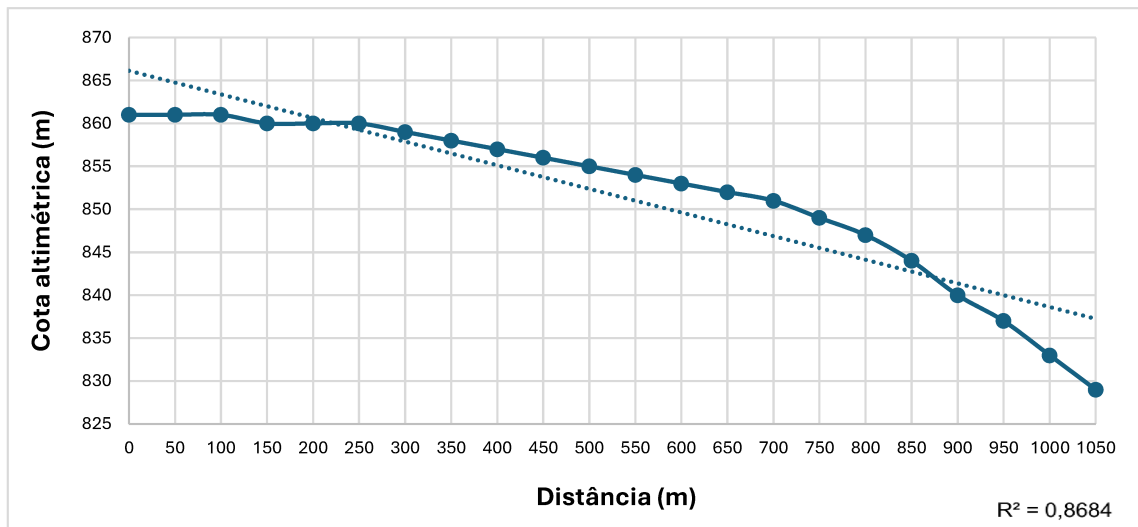
Figura 5: Estruturas de drenagem implementadas como medidas paliativas (5a; 5b), Ponto de compactação e colocação de brita sobre a via (5c), quebra-molas que auxiliam na redução da velocidade de escoamento na via (5d), sinalização dos quebra-molas (5e).



Fonte: Autor, 2025.

4.2 PERFIL DE ELEVAÇÃO DA VIA

A fim de determinar a taxa de inclinação da via que corta o condomínio, utilizou-se o software *Google Earth Pro*, onde foi possível verificar as cotas altimétricas a cada 50 m por meio da função “*Mostrar perfil de elevação*”. Desse modo, os resultados obtidos foram plotados no Excel, a fim de se obter uma curva representativa do perfil de elevação da via, conforme pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1: Perfil de Elevação (Distância x Cota altimétrica).

Fonte: Autor, 2025.

Com base na observação da curva é possível inferir que os primeiros 250 m da via são bem planos e a partir deste ponto até o marco dos 700 m o terreno apresenta uma declividade de aproximadamente 0,0200 m/m. Por fim, entre os 700 m até o final da via no marco dos 922 m, a declividade se acentua atingindo cerca de 0,0586 m/m, sendo esta a faixa mais crítica. Desse modo, fazendo a média ponderada dos valores acima apresentados, tem-se que a declividade média da via é de **0,0328 m/m**, sendo importante ressaltar que para tal determinação foi desconsiderado o trecho entre 0 e 250 m devido à ausência de inclinação no mesmo.

No mais, entre o ponto final da via até a área de preservação permanente onde localiza-se o córrego Laranjeiras – numa distância total de 120 m – a declividade é de **0,075 m/m**.

4.3 GRANULOMETRIA DO SOLO

A fim de se conhecer melhor o tipo de solo que existe na área de estudo, foi realizada a coleta de 4 amostras em pontos aleatórios na superfície da via que corta o condomínio no dia 15 de agosto de 2025, sendo coletado em média 4 kg de solo em cada ponto. Posteriormente a isso, as amostras foram analisadas em laboratório com base na NBR 7181/2016, a qual estabelece a metodologia normatizada para realização de análise granulométrica de solos.

Foram pesados 1 kg de cada uma das amostras para posterior peneiramento, sendo utilizadas peneiras de 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm para análise das frações grossas e peneiras de 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,075 mm para análise das frações finas. Cada

amostra ficou cerca de 30 min no agitador mecânico, sendo 15 min para a análise da fração grossa e outros 15 para a fração fina.

Figuras 6: Amostras 1 (6a), 2 (6b), 3 (6c) e 4 (6c) do solo coletadas na área de estudo.



Fonte: Autor, 2025.

Figuras 7: Peneiramento grosso (7a) e peneiramento fino (7b).



Fonte: Autor, 2025.

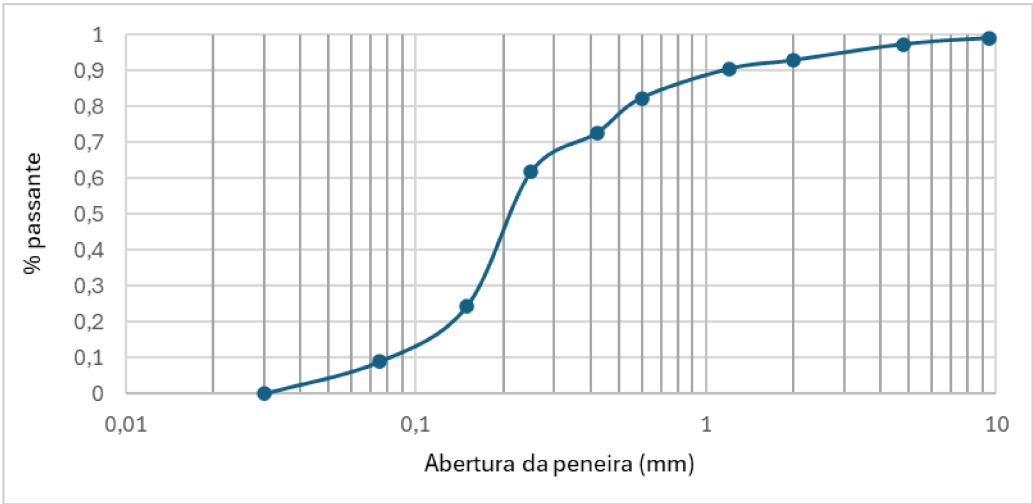
O material retido em cada uma das peneiras foi pesado na balança de precisão, de forma que a partir dos resultados obtidos foi feita a média da massa retida em cada uma das peneiras utilizadas. Assim, os resultados oriundos da pesagem (Tabela 2) foram inseridos no software Excel e manipulados matematicamente, permitindo se obter a curva granulométrica apresentada no gráfico 2.

Tabela 2: Resultados da análise granulométrica das amostras.

Peneiramento	Ø peneira (mm)	Média da massa retida (g)	% retida em cada peneira	% retido acumulado	% passa na peneira
Grosso	9,5	10,2575	0,0103	0,0103	0,9897
	4,8	17,4073	0,0174	0,0277	0,9723
	2,0	44,4910	0,0445	0,0722	0,9278
Fino	1,2	24,3650	0,0244	0,0965	0,9035
	0,6	80,5430	0,0806	0,1771	0,8229
	0,42	97,8223	0,0978	0,2750	0,7250
	0,25	107,3970	0,1074	0,3824	0,6176
	0,15	374,7920	0,3749	0,7573	0,2427
	0,075	153,7413	0,1538	0,9111	0,0889
	Fundo	88,9190	0,0889	1,0000	0,0000
		1000	1,000	-	-

Fonte: Autor, 2025.

Gráfico 2: Curva granulométrica (abertura da peneira x % passante).



Fonte: Autor, 2025.

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que cerca de 60% do material analisado é composto por partículas com diâmetro inferior a 0,2 mm, ou seja, tomando como referencial a NBR 6502 verifica-se que o solo da área é composto majoritariamente por areias finas ($0,06 < \varnothing < 0,20\text{mm}$), possuindo, portanto, uma baixa permeabilidade, porém que ainda supera àquela apresentada por solos siltsos e argilosos.

4.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Considerando que toda a área do condomínio Chácara Copaíba III corresponde a bacia de contribuição e que a totalidade da via que o atravessa corresponde ao talvegue principal, realizou-se o cálculo do tempo de concentração por meio da equação de Picking. Desse modo, conhecendo o comprimento da via (922 m ou 0,922 km) e a declividade média do terreno (0,0328 m/m) foi obtido um t_c de **15,68 min**.

Entretanto, para efeitos práticos, o t_c foi considerado como **30 min**, pois apesar de possuir um solo com menor permeabilidade, mais de 80% da bacia é composta por áreas não compactadas, tal como é apresentado adiante no tópico 4.6. Assim, a presença de poucas áreas impermeabilizadas aumenta o tempo com que a água leva para escoar ao longo do talvegue. Portanto, a aplicação de um valor maior para t_c garante uma melhor representação da situação na prática.

4.5 INTENSIDADE DE CHUVA

Conforme especificado no item a do tópico 2.1.2, para este trabalho é considerada a curva IDF com os coeficientes “a”, “b” e “c” obtidos por Petrucci (2018) em seus estudos para determinação do comportamento das variáveis climatológicas para Uberlândia/MG, sendo a equação IDF característica da cidade igual a:

$$I = \frac{330,4083 \cdot T^{0,1452}}{t^{0,6164}}$$

Aqui, cabe pontuar que na Diretriz Geral de Drenagem Pluvial de Loteamento de Uberlândia para redes pluviais, o período de retorno (T) deve ser de 15 anos para redes pluviais e de 10 anos para sarjetas (UBERLÂNDIA, 2025). Porém, por se tratar de uma área com potencial elevado de urbanização futura – fato que pode desencadear alteração das variáveis base para o projeto, a exemplo da impermeabilização – optou-se pelo uso de um T de apenas 3 anos, no intuito de atender aos objetivos do projeto sem gerar um sistema superdimensionado a partir de dados com valores maiores que o necessário para o momento atual da área. No mais, o tempo de duração da chuva foi equiparado ao t_c de 30 min, de modo que partindo de tais valores preestabelecidos foi feita a determinação da intensidade de chuva, sendo obtido um total de **47,62 mm/h**, valor que corresponde a uma chuva classificada próximo ao patamar *muito forte* segundo a tabela 1.

Portanto, para efeitos práticos e considerando as chuvas cada vez mais intensas que ocorrem na região, o valor aplicado aos cálculos de dimensionamento foi de **50 mm/h**.

4.6 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A fim de se determinar o coeficiente de deflúvio da área de estudo, foi realizada uma breve análise do uso e ocupação do solo do local, no intuito de determinar o percentual de áreas impermeáveis. Para isso, utilizou-se o software Google Earth para o traçado de polígonos sobre os pontos onde foram identificadas construções como casas, passeios, áreas de lazer, dentre outros, sendo obtido um total de 1,93 ha de áreas impermeabilizadas, o que corresponde a aproximadamente 16% da área total do condomínio. Logo, aplicando-se um t de 30 minutos na equação de Horner, foi obtido um C de **0,3944**.

4.7 VAZÃO HIDROLÓGICA

Mediante os valores calculados anteriormente referentes ao coeficiente de deflúvio equivalente a **0,3944** e a intensidade de chuva de **50 mm/h**, e sabendo que a área total da bacia de drenagem do condomínio corresponde a 12 ha, foi calculada a vazão hidrológica no local por meio do método racional, sendo obtido um valor de **0,6573 m³/s**.

Tal resultado descreve uma situação crítica de escoamento, a qual, apesar de apresentar um valor elevado, condiz com um cenário cada vez mais frequente de chuvas intensas atreladas às mudanças climáticas.

5. DIMENSIONAMENTO DA REDE

Mediante os resultados preliminares supracitados, foi possível realizar o dimensionamento do sistema de drenagem, considerando as sarjetas, a caixa de passagem e das tubulações que conduzem toda a vazão coletada para o córrego Laranjeiras. Somado a estes resultados, foram consideradas as observações pontuadas no tópico 2.2, sendo feitas as seguintes ponderações:

- Para este trabalho não foi possível realizar uma medição direta do nível do lençol freático na área de estudo, contudo considerando que o poço artesiano da associação de moradores do local possui em média de 30 a 35 m de profundidade, somado à ausência de registros sobre pontos de afloramento de água ao longo da extensão do condomínio, mesmo que no período chuvoso, conclui-se que o nível do lençol freático encontra-se bem abaixo daquele onde as sarjetas de drenagem foram propostas, de modo que não se faz necessário o dimensionamento de drenos, conforme recomendações do Porto (2006).

- Foi escolhido o revestimento das paredes e do fundo do canal em concreto armado, de forma que o ângulo de inclinação do talude em relação ao solo possui 90° , ou seja, a estrutura foi dimensionada num formato retangular.
- Ainda segundo Porto (2006), a velocidade média a ser considerada em canais com revestimento de concreto deve ser mantida entre 4,00 e 6,00 m/s, contudo tal valor teórico foi discutido em relação à prática de sua aplicação.

No mais, a tubulação que conduz a água para o córrego foi dimensionada para funcionar como um conduto livre, de modo que para seu dimensionamento utilizou-se as especificações descritas por Porto (2006).

Por fim, destaca-se que, em termos práticos, a implementação construtiva de um sistema de drenagem requer detalhes construtivos importantes como um sistema de ancoragem, fundação e juntas de dilatação – sendo esta última destacada por Porto (2006) – visando estabilidade, durabilidade e segurança da estrutura. Entretanto, por se tratar de um trabalho que busca realizar o dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem pluvial, os detalhes construtivos destacados acima não foram calculados.

5.1 DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS

O projeto prevê a implementação de 2 sarjetas ao longo de toda a extensão da via, sendo uma na margem direita e outra na margem esquerda, de modo que cada uma das sarjetas foi dimensionada para comportar metade da vazão hidrológica calculada, ou seja, **0,329 m³/s**. Ademais, as sarjetas foram dimensionadas com um formato retangular e revestidas por concreto armado, sendo o coeficiente de rugosidade de Manning (n) igual a 0,014 considerando uma boa condição das paredes (PORTO, 2006). A este valor foi acrescido um percentual de 15%, conforme orientações que constam no tópico 2.2, sendo obtido um n de **0,016**.

De posse desses valores, são feitas algumas considerações importantes:

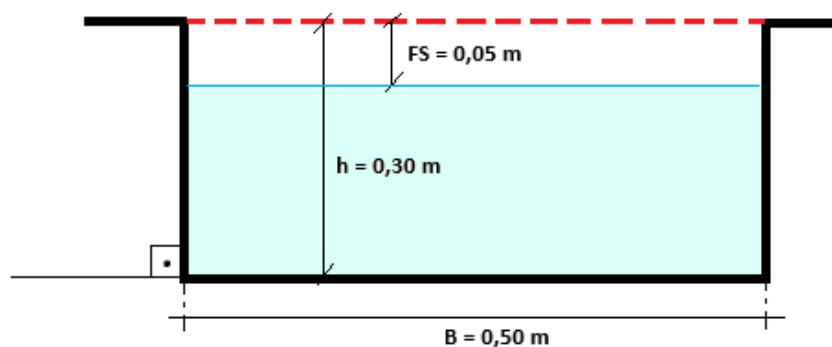
- Segundo Porto (2006), para seções retangulares de máxima vazão a largura da base (b) deve ter tamanho igual ao dobro da altura d'água (h), ou seja, $b = 2h$;
- Com base na consideração anterior, pode-se dizer que em termos geométricos, a área da seção transversal é dada por $A = 2h^2$;
- Sabendo que o R_H é dado pela relação entre a área molhada (A_m) e o perímetro molhado (P_m), determinou-se que para tal situação $R_H = h/2$;

Assim, realizando as manipulações matemáticas na equação de Manning, foi possível determinar as dimensões da seção retangular de interesse, sendo obtidas uma altura de 0,243 m, ou **0,25 m**, e uma base de 0,486 m, ou **0,50 m**. Assim, a área da seção transversal possui 0,125 m². Partindo deste resultado e fazendo a conferência pela equação da continuidade, foi obtida uma velocidade de escoamento de **2,63 m/s**, valor que não se adequa aos resultados teóricos propostos por Porto (2006) para revestimentos em concreto. Entretanto, do ponto de vista prático este valor pode ser aceito, tendo em vista que nesta mesma literatura é indicado que a velocidade adotada deve ser tal que evite processos erosivos na estrutura (condição 1), bem como a deposição de sedimentos ao longo do canal (condição 2).

Por se tratar de um valor inferior à faixa de 4,0 e 6,0 m/s indicada, tal velocidade permite o menor desgaste e risco de erosão da estrutura, garantindo uma maior segurança e durabilidade do canal, atendendo a condição 1. Por outro lado, pensando do ponto de vista da deposição de sedimentos, é possível fazer uma análise com base no número de Reynolds para o canal proposto aplicando-se a velocidade de 2,63 m/s, sendo obtido um R_e de $3,2 \cdot 10^5$ – $R_e \gg 2000$, o que por sua vez assegura turbulência suficiente para garantir o transporte das partículas, reduzindo assim o acúmulo de sedimentos ao longo das sarjetas, atendendo a condição 2.

Dando seguimento ao dimensionamento, foi feito um acréscimo de 20% na altura da sarjeta (PORTO, 2006) permitindo uma folga, ou fator de segurança (FS), na capacidade de vazão do canal, sendo obtido uma altura de projeto de 0,30 m. Em resumo, ambas as sarjetas possuem dimensões de **0,50 m de base e 0,25 m de altura, sendo acrescida uma folga de 0,05 m na altura**. A figura 8 representa um esboço fora de escala das dimensões da sarjeta.

Figura 8: Representação da seção transversal da sarjeta.



Fonte: Autor, 2025.

Vale destacar que buscando dimensionar uma seção mais favorável com base nas especificações de Porto (2006), o valor obtido para altura das sarjetas é 3 vezes maior que aquele

indicado como a altura máxima especificada na Diretriz Geral de Drenagem Pluvial de Loteamento de Uberlândia. Portanto, pensado na segurança e comodidade dos moradores que transitam pelo local, propõem-se que sejam instaladas grelhas removíveis sobre as sarjetas, as quais também servem para evitar o acúmulo de detritos como folhas e galhos no fundo da estrutura.

5.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

Considerando que a via termina a uma distância de 120 m do curso d'água, verificou-se a necessidade de se instalar parte do sistema de drenagem de forma enterrada, a fim de evitar que o mesmo tomasse espaço do lote privado localizado ao fundo do condomínio. Dessa forma, a vazão coletada por ambas as sarjetas é direcionada para o tubo através de uma caixa de passagem.

Com isso, a vazão coletada por ambas as sarjetas é direcionada para um tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com extensão de 120 m até o córrego Laranjeiras localizado no ponto mais baixo do terreno (cota de 829 m). Assim, tal tubulação possui uma declividade de **0,075 m/m** e deve escoar uma vazão máxima de **0,6573 m³/s**. Partindo desses valores foi utilizada a equação de Manning manipulada para seções circulares, a fim de determinar o diâmetro do tubo, sendo o coeficiente de rugosidade de **0,012**, o qual corresponde ao valor máximo indicado no catálogo da TIGRE (2009) para tubos corrugados de PEAD e o θ de 4,19 rad. Logo, foi obtido um diâmetro de 0,423 m, que em termos práticos, corresponde a um **DN 450** e, portanto, uma profundidade hidráulica (y) de **0,3375 m**.

Com base no diâmetro nominal calculado, foi feita a determinação da velocidade de escoamento da água dentro da tubulação, por meio da equação da continuidade, sendo obtido um valor de **5,79 m/s**, resultado supera a velocidade máxima de 5 m/s estipulada na Diretriz Geral de Drenagem Pluvial de Loteamento de Uberlândia. Entretanto, considerando que a tubulação aplicada é de PEAD, este valor se torna admissível, tendo em vista que tal material possui uma velocidade limite superior segura de até 7 m/s, além de possuir resistência a corrosão e paredes flexíveis.

Pontua-se por fim que foi considerada a implementação de 5 tubos de mesma dimensão e material ao sistema, ou seja, estes possuem a capacidade de escoar a mesma vazão de água dentro dos mesmos parâmetros determinados para o projeto, lembrando que os tubos implementados são igualmente espaçados. Tal determinação busca priorizar questões relativas à segurança da estrutura, tendo em vista que caso uma das tubulações venha a apresentar algum

problema que reduza ou impossibilite o escoamento, as demais continuarão a operar sem maiores transtornos até a resolução do problema.

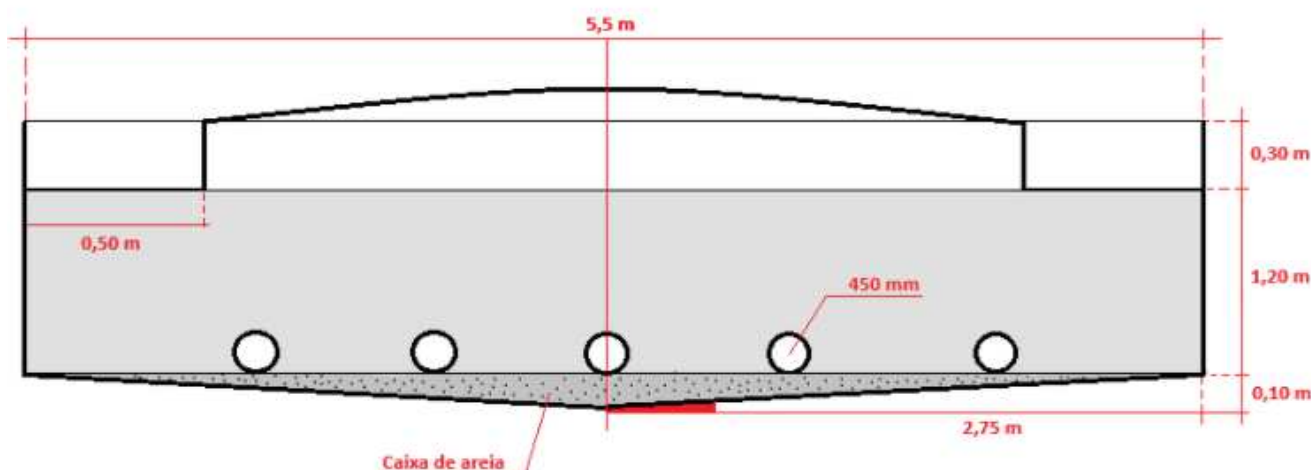
5.3 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE PASSAGEM

Para o dimensionamento da caixa de passagem – estrutura responsável por receber e direcionar a vazão coletada pelas sarjetas, foram considerados critérios geométricos e construtivos, sendo importante lembrar que tal estrutura não opera como uma bacia de acumulação, ou seja, não deve ser dimensionada com base no volume de armazenamento. Dessa forma, sabendo que tal estrutura possui formato retangular, foram feitas as determinações do comprimento, largura e profundidade da caixa de passagem.

Para a primeira dimensão, foi considerado o comprimento transversal do trecho final da via, sendo obtido um valor de 5,5 m. Já a largura e a profundidade foram determinadas visando garantir a facilidade de acesso de operadores ao local para a realização de manutenção e limpeza, visando evitar o acúmulo de sedimentos, de modo que ambas as dimensões foram estabelecidas com 1,2 m. Portanto, o volume da caixa é de **7,92 m³**.

No mais, foi adicionado um detalhe construtivo, no qual ambas as laterais de fundo são levemente inclinadas até o ponto central da estrutura, onde foram adicionados 0,10 m a mais na profundidade, ou seja, ambas as rampas formam um declive de 0,036 m/m. Além disso, este detalhe permite que o fundo da estrutura funcione como uma caixa de areia capaz de reter um volume de 0,22 m³ de sedimentos. A seguir é apresentada uma representação fora de escala da caixa de passagem proposta (Figura 9).

Figura 9: Representação da caixa de passagem.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o conjunto de informações descritas até aqui, foram feitas algumas considerações relativas ao modo ideal de operação do sistema proposto, somado com sugestões para elaboração de trabalhos futuros que complementem os resultados aqui expostos visando a melhoria do sistema. Por fim, é apresentado um resumo geral do trabalho desenvolvido.

6.1 MANUAL DE USO

A manutenção do sistema proposto busca remediar problemas decorrentes de sua operação, com destaque para o acúmulo de material sedimentar sobre as grelhas ou dentro da própria estrutura, a exemplo de folhas, galhos, areia e demais resíduos, os quais podem gerar obstruções e impedir seu bom funcionamento. Assim, partindo de tais considerações, foram descritas na sequência algumas instruções relativas a manutenção preventiva do sistema, sendo estas possíveis de serem realizadas pela própria associação de moradores do local.

- Devem ser realizadas inspeções quinzenais por toda extensão das sarjetas, visando encontrar possíveis pontos com acúmulo de material sedimentar, de modo que quando encontrados, estes materiais deverão ser retirados por meio da remoção das grelhas e limpeza da sarjeta com auxílio de pás ou vassouras. Buscando facilitar o processo, recomenda-se que cada morador faça a inspeção no ponto do sistema instalado frente à sua respectiva propriedade;
- A inspeção das sarjetas deverá ser feita com maior frequência durante o período chuvoso, podendo ocorrer diariamente ou após eventos de precipitação intensa;
- A caixa de passagem também deverá receber inspeções quinzenais de responsabilidade da diretoria da associação de moradores, visando a remoção de resíduos e de sedimentos de menor granulometria que se venham a se acumular na caixa de areia, os quais deverão ser descartados num ponto a jusante do sistema, a fim de evitar que venham a escoar novamente para o interior da estrutura. Destaca-se que, tal como para as sarjetas, as manutenções deverão ser reforçadas posteriormente a eventos de chuva;
- A limpeza das tubulações exige um maior cuidado, tendo em vista a dificuldade de acesso ao interior das mesmas. Portanto, a recomendação é que seja realizada a contratação de empresas especializadas no serviço de desobstrução dos tubos pelo menos 2 vezes ao ano, sendo uma realizada no período anterior ao início das chuvas e outra no auge do período chuvoso, onde existe uma alta probabilidade de obstruções.

- Podem ser necessárias uma maior frequência de limpeza das tubulações, de modo que se recomenda visitas ao ponto de descarga do sistema posteriormente a eventos de chuva forte, a fim de verificar se os tubos possuem homogeneidade no escoamento da água – fluxos contínuos e regulares – e, caso observadas irregularidades em um ou mais tubos, é importante a contratação de limpezas extras;
- Por fim, propõem-se que seja feita uma inspeção geral de toda a estrutura anualmente, visando observar possíveis danos ao sistema, como fissuras, rachaduras, erosões, danos às grelhas, crescimento de vegetação, dentre outros. Assim, caso alguma destas situações seja identificada, as devidas providências poderão ser tomadas.

A execução adequada do processo de manutenção aqui descrito garante uma maior vida útil do sistema garantindo maior segurança e comodidade dos moradores frente ao bom funcionamento da rede de drenagem, assegurando que estes possam estar certos de que problemas como alagamentos e enxurradas não ocorrerão durante e/ou após chuvas fortes no condomínio.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho propôs um sistema de drenagem pluvial para o condômino Chácara Copaíba III, através de referenciais teóricos e análises gerais da situação problema. Todavia, mesmo com a obtenção de um resultado satisfatório, foram identificados alguns obstáculos que impedem sua real implementação, haja vista a complexidade de detalhes existentes entre teoria e aplicação prática. Dessa forma, foi feita uma breve listagem dos principais pontos não desenvolvidos neste trabalho e que possuem grande relevância para melhoria da proposta.

- **Proposição de dissipador de energia na saída do sistema de drenagem:**

O dissipador corresponde a um dispositivo que busca reduzir a velocidade com que a água é descarregada no ponto final do sistema, a fim de minimizar processos erosivos e danos ao ambiente. Portanto, sabendo que a velocidade com que a água escoar na seção final do sistema – tubulação – é alta, faz-se essencial a implementação de uma estrutura de dissipação de energia.

Para isso, é necessário um estudo mais detalhado sobre o ponto de descarga do escoamento, tal como tipo de solo, características do curso hídrico e uma análise dos diferentes tipos de sistemas aplicados, a exemplo de degraus, rampas dentadas ou blocos de impacto a fim de identificar aquele que mais se ajusta à situação problema.

- **Questões de ordem construtiva:**

Pensando na parte construtiva do projeto, é importante um estudo relativo à sua estrutura, ou seja, a proposição de um sistema de ancoragem, fundação e juntas de dilatação visando estabilidade, durabilidade e segurança.

- **Redimensionamento do sistema:**

O presente trabalho foi proposto com base em parâmetros preestabelecidos, tal como o tempo de duração da chuva, período de retorno, geometria da seção e revestimento adotados para sarjeta, dentre outros, os quais foram os pilares para o dimensionamento. Desse modo, propõem-se que sejam realizados testes adotando outras possibilidades que possam resultar em soluções mais viáveis do ponto de vista técnico e econômico.

Neste sentido, também é interessante pontuar que, considerando o rápido desenvolvimento do condomínio, é válida a realização de um novo dimensionamento dentro dos próximos 3 anos.

6.3 CONCLUSÃO

Num contexto de chuvas cada dia mais irregulares e intensas, somado a ausência de normativas específicas que estabeleçam critérios técnicos pautados em pesquisas sobre drenagem pluvial urbana, a proposição de estruturas para coleta de água da chuva dimensionadas com base em dados e análises práticas dos locais para os quais estas se destinam se torna a melhor alternativa para a remediação de eventos como alagamentos e enxurradas, os quais geram riscos e diversos prejuízos à população que convive com os mesmos.

Desse modo, o presente trabalho buscou fornecer uma solução plausível para os problemas que impactam no dia a dia dos moradores do Condomínio Chácaras Copaíba III, sendo proposto um sistema de drenagem pluvial composto por um par de sarjetas retangulares, caixa de passagem e tubulações para o escoamento e condução da vazão que escoam pela via durante eventos de chuva intensa, sendo obtidos resultados teóricos satisfatórios e condizentes com a realidade do local. Logo, as análises e discussões descritas ao longo deste trabalho poderão fomentar novas pesquisas e soluções para resolução de problemas atrelados a este pilar do saneamento básico, o qual, infelizmente, é por vezes negligenciado, mesmo diante dos diversos eventos que demonstram a importância de maiores investimentos em sua infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Solos e Rochas - Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- BRASIL. **Lei nº 14.026, de 16 de julho de 2020**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Brasil.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. 384 p. São Paulo. Oficina de Textos, 2014.
- DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - **DMAE**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/rede-pluvial/>>. Acesso em: nov/2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CIDADES E ESTADOS DO BRASIL**. 2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal INMET. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inmet>.
- JÚNIOR, F. N. S. *et al.* **ANÁLISE DE MICRO E MACRO DRENAGEM EM UM CONJUNTO HABITACIONAL LOCALIZADO NA ZONA METROPOLITANA DO NATAL**. (Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC). Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró-RN. 2021.
- LIMA, V. C. G. R. **Análise experimental e numérica de trincheiras de infiltração em meio não saturado**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- NETO A; FERNANDEZ M. F; ARAUJO R.; ITO A. **Manual de Hidráulica**. São Paulo -SP, Edigar Blucher. 8ª Ed. 669 p. (Livro) 1998.
- Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. **Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais**. Presidência da República - Casa Civil. Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento Secretaria. 2023.
- PETRUCCI E. **CARACTERÍSTICAS DO CLIMA DE UBERLÂNDIA-MG: ANÁLISE DA TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA**. (UFU) Uberlândia-MG. 245 p. 2018.
- PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. São Carlos: EESC/USP. 4ª Ed. 540 p. (Livro). 2006.
- ROCHA, E. G. A. **Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários**. Instituto de Pesquisas em Transporte - IPT. (DNIT) Brasília, DF. 2022.
- ROSA, T. A. C. **Elaboração de um sistema de drenagem urbana de um loteamento na cidade de Uberlândia com uso do programa Swmm**. 2023.

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais; Aspectos tecnológicos: fundamentos**. vol. 2; 222 p. São Paulo - SP, 2012.

UBERLÂNDIA. **Lei Complementar nº 432 de 19 de outubro de 2006**. Aprova o Plano Diretor do município de Uberlândia, estabelece os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação, revoga a lei complementar nº 078 de 27 de abril de 1994 e dá outras providências. Uberlândia, 2006.

UBERLÂNDIA. **Portal da Prefeitura de Uberlândia**. (site). 2025. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). World Meteorological Organization. 2025. Disponível em: <https://public.wmo.int>.

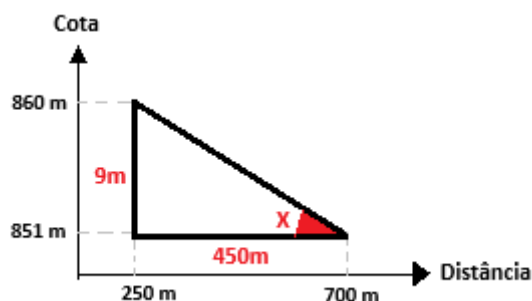
TIGRE-ADS. **Linha de Produtos: Sistemas de Saneamento**. (Catálogo online), 2009.

APÊNDICE – MEMORIAL DE CÁLCULO

● Declividade do terreno:

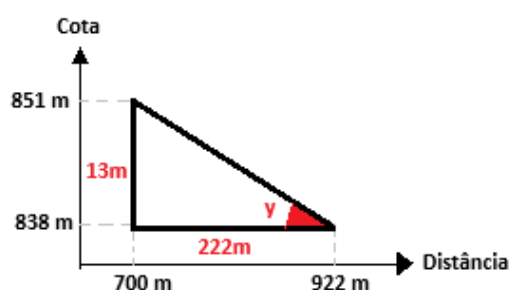
A determinação da declividade para a sarjeta foi feita em 2 trechos – de 250 a 700 m (I) e 700 a 922 m (II) – sendo o trecho entre 0 e 250m desconsiderado, tendo em vista que o mesmo é plano, portanto sua inclinação é de 0m/m. Com base nos resultados obtidos, foi feita a média ponderada para obtenção de um valor médio, o qual foi aplicado aos demais cálculos.

Já o trecho III – 922 m a 1.042 m – corresponde a área onde foi proposto a instalação do tubo PEAD para escoamento da vazão.



Trecho I (sarjeta):

$$\tan x = \frac{9}{450} = 0,020 \text{ m/m}$$



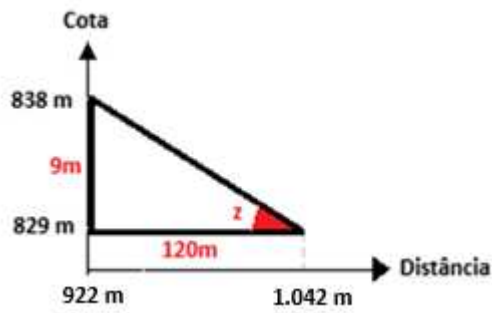
Trecho II (sarjeta):

$$\tan y = \frac{13}{222} = 0,0586 \text{ m/m}$$

Determinação da declividade média através da média ponderada dos valores:

$$\overline{M_p} = \frac{\cancel{(250 \cdot 0)} + (450 \cdot 0,02) + (222 \cdot 0,0586)}{(922 - 250)}$$

$$\overline{M_p} = \frac{22,01}{672} = 0,0328 \text{ m/m}$$



Trecho III (tubo):

$$\tan z = \frac{9}{120} = 0,075 \text{ m/m}$$

• **Tempo de concentração (t_c):**

Para determinação do tempo de concentração foi aplicada a equação de Picking, considerando um comprimento do talvegue (L) de 0,922 km e uma declividade média do talvegue (i) de 0,0328 m/m. Destaca-se que a partir do resultado obtido e das considerações feitas no tópico 4.4, o t_c aplicado foi de 30 min.

$$t_c = 5,3 \cdot \left(\frac{L^2}{i} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t_c = 5,3 \cdot \left(\frac{0,922^2}{0,0328} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t_c = 5,3 \cdot (25,9177)^{\frac{1}{3}}$$

$$t_c = 15,68 \text{ min}$$

• **Intensidade de chuva (I):**

Para determinação da intensidade de chuva foi utilizada a curva IDF com os coeficientes “a” (330,4083), “b” (0,1452) e “c” (0,6164) obtidos por Petrucci (2018) para a cidade de Uberlândia/MG. Assim, aplicou-se o período de retorno (T) de 3 anos e o tempo de duração da chuva (t) de 30 min, sendo o resultado obtido arredondado para 50 mm/h.

$$I = \frac{a \cdot T^b}{t^c}$$

$$I = \frac{330,4083 \cdot T^{0,1452}}{t^{0,6164}}$$

$$I = \frac{330,4083 \cdot 3^{0,1452}}{30^{0,6164}}$$

$$I = \frac{387,5359}{8,1376}$$

$$I = 47,62 \text{ mm/h}$$

- **Coeficiente de deflúvio (C):**

Para determinação do coeficiente de deflúvio, foi aplicada a equação de Horner considerando um tempo de duração da chuva (t) de 30 min e uma porcentagem de impermeabilidade (r) de 16%.

$$C = 0,364 \cdot \log t + 0,0042 \cdot r - 0,145$$

$$C = 0,364 \cdot \log 30 + 0,0042 \cdot 0,16 - 0,145$$

$$C = 0,364 \cdot 1,48 + 0,00067 - 0,145$$

$$C = 0,5387 - 0,1443$$

$$C = 0,3944$$

- **Vazão hidrológica (Q):**

A fim de se determinar a vazão hidrológica foi aplicado o método racional considerando o coeficiente de deflúvio (C) de 0,3944, intensidade de chuva com duração igual ao tempo de concentração (I) de 50 mm/h e uma área da bacia de drenagem (A) igual a 12 ha.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

$$Q = \frac{0,3944 \cdot 50 \cdot 12}{360}$$

$$Q = 0,6573 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Dimensionamento das sarjetas:**

Sendo consideradas 2 sarjetas, a vazão que cada uma deve comportar é metade da vazão hidrológica calculada, ou seja, 0,329 m³/s.

- **Coeficiente de rugosidade de Manning (n):**

Para canais com revestimento de concreto n é igual a 0,014

A este valor foi adicionado o percentual de 15%, a fim de suprir problemas referentes ao mau uso e/ou ausência de manutenção do sistema.

$$0,014 \cdot 15\% = 0,0021 \therefore 0,014 + 0,0021 = 0,016$$

- **Determinação dos parâmetros geométricos da sarjeta:**

Para determinar os parâmetros geométricos referentes a seção transversal retangular, foi aplicada a equação de Manning (1) e as relações matemáticas (2), (3) e (4).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$b = 2 \cdot h \quad (2)$$

$$A = 2 \cdot h^2 \quad (3)$$

$$\therefore R_H = \frac{h}{2} \quad (4)$$

Realizando as substituições de (3) e (4) na equação (1) e considerando um coeficiente de Manning (n) de 0,016 e uma declividade (i) de 0,0328 m/m, foi obtido o seguinte resultado:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot 2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$0,329 = \frac{1}{0,016} \cdot 2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0328^{\frac{1}{2}}$$

$$0,329 = 62,5 \cdot 2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,1811$$

$$2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,02907$$

$$h^{\frac{8}{3}} = \frac{0,02907}{1,2599}$$

$$h = 0,02307^{\frac{3}{8}}$$

$$h = 0,243 \text{ m ou } 0,25 \text{ m}$$

Por meio deste resultado foi possível determinar b, A e R_H substituindo h na equação (2) e posteriormente na equação (3) e (4):

- Base da sarjeta:

$$b = 2 \cdot 0,25$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

- Área da seção transversal:

$$A = 2 \cdot 0,25^2$$

$$A = 0,125 \text{ m}^2$$

- Raio hidráulico:

$$R_H = \frac{0,25}{2}$$

$$R_H = 0,125 \text{ m}$$

- **Equação da continuidade para verificação da velocidade de escoamento:**

Partindo das dimensões calculadas anteriormente, foi determinada a velocidade de escoamento de água nas sarjetas por meio da equação da continuidade, sendo a vazão (Q) de 0,329 m³/s e uma área (A) de 0,125 m².

$$Q = A \cdot V$$

$$0,329 = 0,125 \cdot V$$

$$V = 2,63 \text{ m/s}$$

- **Verificação do número de Reynolds para escoamentos abertos:**

A fim de verificar se a velocidade de 2,63 m/s é passível de aplicação na prática, foi feita a determinação do número de Reynolds aplicando o raio hidráulico (R_H) de 0,125 m e a viscosidade cinemática da água (ν) de 10⁻⁶ m²/s 20°C.

$$R_e = \frac{R_H \cdot V}{\nu}$$

$$R_e = \frac{0,125 \cdot 2,63}{10^{-6}}$$

$$R_e = 3,2 \cdot 10^5$$

- **Determinação da altura de projeto (cálculo da folga):**

Partindo da altura calculada para a sarjeta, foi feito um acréscimo de 20% ao valor dimensionado, no intuito de permitir uma folga, ou fator de segurança (FS), ao projeto.

$$h_{\text{projeto}} = h + (h \cdot 20\%)$$

$$h_{\text{projeto}} = 0,25 + (0,25 \cdot 20\%)$$

$$h_{\text{projeto}} = 0,3 \text{ m}$$

- **Determinação do diâmetro da tubulação:**

No intuito de determinar o diâmetro da tubulação foi necessário calcular o ângulo central, área molhada e raio hidráulico do tubo, partindo do princípio de que $y = 0,75.D$, conforme apresentado abaixo:

- Ângulo central:

$$\theta = 2 \cdot \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot y}{D} \right)$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos (1 - 2 \cdot 0,75)$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos (-0,5)$$

$$\theta = 4,19 \text{ rad ou } 240,07^\circ$$

- Área molhada:

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(\theta - \text{sen } \theta)}{8}$$

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(4,19 - \text{sen } 4,19)}{8}$$

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(4,19 - (-0,867))}{8}$$

$$A_m = 0,632 \cdot D^2 \quad (5)$$

- Raio Hidráulico:

$$R_H = \frac{D \cdot \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right)}{4}$$

$$R_H = \frac{D \cdot \left(1 - \frac{\text{sen } 4,19}{4,19} \right)}{4}$$

$$R_H = \frac{1,206 \cdot D}{4}$$

$$R_H = 0,302 \cdot D \quad (6)$$

De posse das relações (5) e (6), é feita a substituição destas na equação de Manning, juntamente com a consideração de que a vazão máxima (Q) de $0,6573 \text{ m}^3/\text{s}$; o coeficiente de rugosidade para tubos PEAD (n) correspondente a 0,012; e a declividade da tubulação (i) de $0,075 \text{ m/m}$; foi possível determinar o diâmetro da tubulação, sendo considerado na prática um valor de 0,65 m.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot 0,632 \cdot D^2 \cdot (0,302 \cdot D)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$0,6573 = \frac{1}{0,012} \cdot 0,632 \cdot D^2 \cdot (0,302 \cdot D)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,075^{\frac{1}{2}}$$

$$0,6573 = 83,33 \cdot 0,632 \cdot D^2 \cdot 0,450 \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot 0,2739$$

$$0,6573 = 6,491 \cdot D^{\frac{8}{3}}$$

$$D^{\frac{8}{3}} = 0,1013$$

$$D = 0,4237 \text{ m}$$

Por meio deste resultado foi possível determinar A_m e R_H substituindo D na equação (5) e (6):

- Área molhada:

$$A_m = 0,632 \cdot (0,4237)^2$$

$$A_m = 0,1135 \text{ m}$$

- Raio Hidráulico:

$$R_H = 0,302 \cdot (0,4237)$$

$$R_H = 0,1280 \text{ m}$$

- **Determinação da profundidade hidráulica;**

De posse do diâmetro de 0,45 m (DN 450) foi calculada a profundidade (y);

$$y = 0,75 \cdot D$$

$$y = 0,75 \cdot 0,45$$

$$y = 0,3375 \text{ m}$$

- **Determinação da velocidade de escoamento na tubulação;**

De posse da área molhada (A_m) de $0,1135 \text{ m}^2$; e da vazão (Q) de $0,6573 \text{ m}^3/\text{s}$, foi aplicada a equação da continuidade para determinação da velocidade no interior do tubo, sendo obtido um valor de $5,79 \text{ m/s}$.

$$Q = A \cdot V$$

$$0,6573 = 0,1135 \cdot V$$

$$V = 5,79 \text{ m/s}$$

- **Dimensionamento da caixa de passagem**

Para determinação das dimensões da caixa de passagem, foram preestabelecidos o comprimento transversal (a) de 5,5 m, a largura da caixa de passagem (b) de 1,2 m e a profundidade (c) de 1,2 m. Assim foi possível determinar o volume da estrutura.

$$\text{Vol}_{\text{Cx. passagem}} = a \cdot b \cdot c$$

$$\text{Vol}_{\text{Cx. passagem}} = 5,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2$$

$$\text{Vol}_{\text{Cx. passagem}} = 7,92 \text{ m}^3$$

- **Volume da caixa de areia:**

Sabendo que a caixa de areia possui um formato piramidal e partindo das dimensões referentes ao comprimento transversal (a), da largura da caixa de passagem (b) e a profundidade adicional (p) de 0,10 m, foi calculado o volume desta, o qual corresponde também ao volume de sedimentos que esta comporta, bem como a declividade de fundo da estrutura.

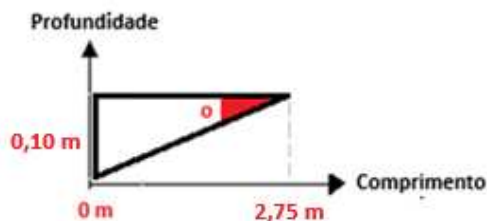
- Volume da caixa de areia:

$$\text{Vol}_{\text{cx. areia}} = \frac{(a \cdot b) \cdot p}{3}$$

$$\text{Vol}_{\text{cx. areia}} = \frac{(5,5 \cdot 1,2) \cdot 0,10}{3}$$

$$\text{Vol}_{\text{cx. areia}} = 0,22 \text{ m}^3$$

- Declividade de fundo da caixa de passagem:



$$\tan o = \frac{0,10}{2,75} = 0,036 \text{ m/m}$$