

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE UMA SOLUÇÃO
CONVENCIONAL E OUTRA SUSTENTÁVEL PARA
DRENAGEM URBANA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

LEONARDO REGINALDO PEREIRA

Rio Verde, GO

2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE UMA SOLUÇÃO
CONVENCIONAL E OUTRA SUSTENTÁVEL PARA DRENAGEM
URBANA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

LEONARDO REGINALDO PEREIRA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Coorientadora: Prof(a). Me. Bruna Elói do Amaral

Rio Verde - GO
Janeiro, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

PP436e Pereira, Leonardo Reginaldo
 Estudo de viabilidade entre uma solução
convencional e outra sustentável para drenagem
urbana em uma instituição de ensino / Leonardo
Reginaldo Pereira; orientador Marconi Batista
Teixeira; co-orientadora Bruna Elói do Amaral. --
Rio Verde, 2021.
 81 p.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Engenharia
Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio
Verde, 2021.

1. urbanização. 2. rede tradicional de drenagem.
3. reservatório de detenção. I. Teixeira, Marconi
Batista, orient. II. Amaral, Bruna Elói do , co-
orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 4/2021 - UCPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Leonardo Reginaldo Pereira

Matrícula:2016102200840385

Título do Trabalho: Estudo de viabilidade entre uma solução convencional e outra sustentável para drenagem urbana em uma instituição de ensino

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 29/01/2021.

Assinado eletronicamente
Leonardo Reginaldo Pereira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinado eletronicamente
Assinatura do orientador
Marconi Batista Teixeira

Documento assinado eletronicamente por:

- Leonardo Reginaldo Pereira, 2016102200840385 - Discente, em 29/01/2021 11:28:21.
- Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - UCPG-RV, em 29/01/2021 11:26:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 234365
Código de Autenticação: e15a5f54f3



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2021 - UCPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 22 do mês de janeiro de 2021, às 15 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Marconi Batista Teixeira, Bruna Elói do Amaral, Édio Damásio da Silva Júnior e Wilker Alves Moraes, para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado “Estudo de viabilidade entre uma solução convencional e outra sustentável para drenagem urbana em uma instituição de ensino”, do acadêmico Leonardo Reginaldo Pereira, Matrícula nº 2016102200840385 do curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do acadêmico. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Bruna Elói do Amaral

Coorientadora

(Assinado Eletronicamente)

Édio Damásio da Silva Júnior

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Wilker Alves Morais

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Flavio Hiochio Sato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/01/2021 16:27:44.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/01/2021 17:48:49.
- Wilker Alves Morais, 2017102320140165 - Discente, em 22/01/2021 16:44:28.
- Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - UCPG-RV, em 22/01/2021 16:17:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 230089

Código de Autenticação: 0004682066



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me acompanhar a cada dia, abençoando-me durante todo esse processo. Agradeço ao meu pai Edmar e minha mãe Aleandra, pois foram meus maiores incentivadores, agradeço a eles por todo suporte que me foi dado, por toda a luta e esforço que fizeram para que eu pudesse atingir o meu objetivo e realizar esse sonho, que não é só meu, mas deles também.

Agradeço aos meus familiares por todo apoio e incentivo que me deram durante minha graduação. Agradeço aos meus amigos que me auxiliaram, incentivaram e socorreram durante essa trajetória. Agradeço aos meus orientadores, o professor Dr. Marconi Batista Teixeira e a professora Me. Bruna Elói do Amaral, por todo apoio, por estarem sempre dispostos a esclarecer minhas dúvidas, e por terem sido muito prestativos comigo durante a execução desse trabalho. Agradeço aos meus professores por cada conhecimento que foi transmitido durante a graduação.

RESUMO

PEREIRA, Leonardo Reginaldo. **Estudo de viabilidade entre uma solução convencional e outra sustentável para drenagem urbana em uma instituição de ensino**. 2021. 81p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

A drenagem das águas pluviais nas cidades é diretamente afetada pelo processo de urbanização. Quando esse processo acontece de forma não planejada ou não é dada atenção devida para as suas possíveis consequências, surgem problemas como alagamentos, enchentes, desabrigo dos habitantes com a destruição de edificações, drenagem ineficiente por partes dos dispositivos existentes, entre outros. Para realizar essa drenagem, existem as redes tradicionais, com sarjetas, boca de lobo, galerias e poços de visita. Mas também, existem alternativas sustentáveis que podem trabalhar conjuntamente com a rede convencional ou de forma isolada, para que haja uma amenização da vazão de pico, que é o caso do reservatório de detenção. O objetivo desse trabalho foi fazer uma comparação entre a alternativa sustentável e a convencional, para obter qual entre as duas possui maior aplicabilidade, utilizando como área de estudo uma instituição de ensino. Para isso a metodologia aplicada baseou-se no traçado da rede, no dimensionamento e desenho dos dispositivos, com auxílio de softwares, a fim de que fosse obtido o orçamento. Além disso, realizou-se a análise das áreas de implantação disponíveis para que se tornasse possível essa analogia. Ao final, verificou-se que com base nos aspectos analisados, o reservatório de detenção, é a medida mais adequada para implantação na instituição, pois apresenta menor custo, ocupa uma área específica para sua execução, armazena quantidade relevante de água e torna mais acessível o reaproveitamento da água pluvial.

Palavras-chave: urbanização, rede tradicional de drenagem, reservatório de detenção.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores para o período de retorno	12
Tabela 2: Coeficiente de escoamento	27
Tabela 3: Valores para coeficiente de permeabilidade	29
Tabela 4: Fator de redução do escoamento da sarjeta	38
Tabela 5: Fator de redução do escoamento na boca de lobo	40
Tabela 6: Coeficiente de rugosidade de Manning	42
Tabela 7: Espaçamento entre poços de visita	44
Tabela 8: Tempo de concentração	49
Tabela 9: Valor da intensidade da precipitação.....	49
Tabela 10: Vazões resultantes de cada sub-área.....	50
Tabela 11: Propriedades do reservatório de detenção	53
Tabela 12: Dimensões do vertedor	53
Tabela 13: Diâmetro da tubulação de saída.....	54
Tabela 14: Quantidade de sedimentos gerados anualmente	54
Tabela 15: Tempo de esvaziamento	55
Tabela 16: Quantitativo do reservatório de detenção	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre hidrogramas de áreas urbanizadas e não urbanizadas.....	13
Figura 2 : Leitos do curso hídrico	13
Figura 3: Etapas para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana.....	15
Figura 4: Representação do conjunto sarjeta, pista, calçada e meio-fio.	16
Figura 5: Bocas de lobo.....	17
Figura 6: Poço de visita	17
Figura 7: Galeria pluvial	18
Figura 8: Reservatório de detenção	21
Figura 9: Pluviômetro	24
Figura 10: Infiltrômetro.....	28
Figura 11: Curva de infiltração	28
Figura 12: Permeâmetro com carga constante	30
Figura 13: Permeâmetro com carga variável.....	30
Figura 14: Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2007.....	33
Figura 15: Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2020.....	34
Figura 16: Área de estudo dentro da instituição.....	35
Figura 17: Chuva acumulada mensal x chuva normal	35
Figura 18: Fluxograma com as etapas da metodologia	36
Figura 19: Condutos circulares parcialmente cheios, relações baseadas na equação de Manning.....	43
Figura 20: Subdivisão da área de estudo	50
Figura 21: Local de implantação do reservatório de detenção.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre sistema combinado e separador absoluto	23
Quadro 2: Diferenças entre precipitação ciclônica e convectiva	24
Quadro 3: Tipos de escoamento e local de atuação	26
Quadro 4: Fases do escoamento	26
Quadro 5: Critérios para o dimensionamento de galerias	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivos.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Urbanização e os Impactos no Ciclo Hidrológico.....	11
2.2 Tipos de Enchentes e Consequências	13
2.3 Medidas De Controle.....	14
2.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana	14
2.5 Drenagem Urbana Convencional	15
2.6 Drenagem Urbana Sustentável	19
2.6.1 Reservatório de detenção.....	20
2.6.2 Outras técnicas sustentáveis	21
2.7 Sistemas Coletivos.....	22
2.8 Precipitação	23
2.9 Escoamento Superficial	25
2.10 Infiltração.....	27
2.11 Condutividade Hidráulica Do Solo.....	29
2.12 Legislação Concernente À Drenagem	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Descrição da Área de Estudo.....	33
3.2 Traçado Inicial e Estimativa da Vazão de Projeto.....	36
3.3 Dimensionamento da Rede de Drenagem Convencional	37
3.3.1 Sarjeta	38
3.3.2 Bocas de lobo	38
3.3.3 Galeria pluvial	40
3.3.4 Poço de visita (PV).....	44
3.4 Dimensionamento do Reservatório de Detenção.....	44
3.5 Orçamento e Viabilidade de Áreas de Implantação	46
3.6 Propostas Para o Reservatório de Detenção	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Traçado Delimitado da Rede	48
4.2 Cálculo da Precipitação	48
4.3 Cálculo da Vazão.....	49
4.4 Cálculo da Sarjeta e Boca de Lobo.....	51

4.5 Cálculo da Galeria	52
4.6 Cálculo do Reservatório de Detenção	52
4.7 Orçamento Para Execução da Rede de Drenagem Convencional	55
4.8 Orçamento Para Execução do Reservatório de Detenção	56
4.9 Análise Comparativa Entre os Orçamentos.....	57
4.10 Área Para Implantação de Ambas as Medidas	57
4.11 Alternativas Para o Reservatório de Detenção	58
5 CONCLUSÃO.....	59
6 REFERÊNCIAS	60
ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

Comumente, é noticiado nos meios de comunicação, como jornais, revistas e sites, que grandes cidades ou centros urbanos, após um período de precipitação, têm uma grande parte de seus bairros alagados culminando na destruição de casas, ocorrência de veículos submersos e desabrigo de cidadãos. Além disso, a presença de resíduos sólidos de forma inadequada nas vias e calçadas, possibilita que quando a água entrar em contato com a superfície, pode causar a contaminação dos habitantes por patógenos.

Isso se deve, principalmente a uma simultânea necessidade de um grande desenvolvimento das cidades, ou seja, sua expansão, com a falta de preparo ou cuidado, quanto aos possíveis efeitos de tal fato. Essa expansão pode ser realçada pelo que diz o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, o qual em 2015 por meio de um estudo relatou que no município de Rio Verde-GO, por exemplo, 97,71% da área urbanizada existente é classificada como densa, apresentando então uma maior aglomeração de construções, com pouco espaço livre entre cada uma.

O processo urbanístico sem um estudo adequado, permite que áreas impróprias para moradia ou ocupação sejam habitadas, vegetações que são importantes no processo de evapotranspiração e no ciclo hidrológico sejam retiradas, também incentiva a impermeabilização da superfície, dificultando que a água penetre no solo, e favorecendo o aumento do escoamento superficial. Além disso, prejudica a rede de drenagem já existente, a qual pode não suportar o excedente de água que é gerado devido a esse processo, e não apresentar a eficiência adequada.

Para solucionar essa problemática, além das redes tradicionais de drenagem que são mais utilizadas, apresentam-se novas medidas ou alternativas que fomentam a sustentabilidade, e buscam amenizar, por exemplo, que se atinja uma alta vazão de pico. Essas alternativas são chamadas também de medidas compensatórias, e são representadas principalmente pelas trincheiras de infiltração, poços de infiltração, telhado verde, pavimento permeável e reservatórios de retenção e detenção. Destaca-se ainda que essas medidas, podem ser implementadas em conjunto com o modelo tradicional, o mais adotado na maioria das cidades.

Os reservatórios de detenção, também chamados de ‘piscinões’, fazem o amortecimento da vazão da água da chuva, e podem prevenir que materiais sólidos entrem no sistema de drenagem. Ademais, dependendo da área necessária para instalação do mesmo, e da falta de

área disponível nos grandes centros urbanos, esses podem funcionar como um espaço de recreação, de lazer, para prática de esportes e de valorização paisagística.

Perante o que foi exposto, o Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, acompanhou esse desenvolvimento no decorrer do tempo, e devido a isso, novas construções surgiram dentro do campus e vias foram pavimentadas para dar acesso a essas. Dessa forma, a área permeável que existia antes dessas obras de engenharia, foi suprimida, e juntamente com a ausência de uma rede de drenagem, com bocas de lobo, galerias, por exemplo, provocou, uma dificuldade maior na drenagem das águas pluviais do instituto, resultando em formação de zonas alagadas, que prejudicam a mobilidade dentro do campus, principalmente, para pedestres. Com isso, é necessário um estudo que faça a comparação entre a solução convencional e a sustentável, quanto à área disponível para implantação e o custo. Dessa forma, busca-se que uma dessas alternativas, seja implantada na instituição, e amenize, ou se possível, solucione, esses problemas existentes.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho, consiste em verificar, entre duas soluções propostas para a drenagem urbana, nas instalações do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, qual traria maior aplicabilidade, analisando a capacidade de drenagem de cada uma, além dos aspectos orçamentários, e a área de implantação disponível. Uma dessas soluções é o método convencional utilizado para o escoamento da água, com sarjetas, boca de lobo, galerias, e a outra, é o reservatório de detenção.

Os objetivos específicos são:

- Abordar a situação da drenagem urbana, do IF Goiano Campus Rio Verde ao longo do tempo;
- Analisar as áreas disponíveis para implantação tanto da rede de drenagem convencional quanto do reservatório de detenção;
- Quantificar a execução das sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, galerias e do reservatório de detenção;
- Elaborar um layout tanto da rede de drenagem quanto do reservatório de detenção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Urbanização e os Impactos no Ciclo Hidrológico

O processo de urbanização das cidades apresenta-se como uma dicotomia, pois concomitantemente, pode trazer benefícios e malefícios para uma cidade, e o planejamento desse processo é o fator principal que corrobora esse raciocínio. Com esse planejamento feito de forma adequada, ocasiona-se melhoria da infraestrutura e o desenvolvimento de tecnologias. Já quando não se tem a devida atenção com esse planejamento, sem estudos das consequências da urbanização por exemplo, alguns problemas começam a surgir, principalmente quanto à drenagem urbana. Isso ocorre, pois, o crescimento das cidades provoca alguns efeitos como um aumento no número de construções, as quais podem ser feitas até de maneira inadequada em locais impróprios. Além de provocar a maior geração de resíduos sólidos, e também a retirada de vegetação (LIMA, 2009).

Devido a esses efeitos, tem-se então uma diminuição da evapotranspiração da vegetação e do solo, o qual também apresenta limitação na capacidade de infiltração, já que há um grande contingente de áreas impermeáveis, favorecendo a um aumento do escoamento superficial, alcance de uma maior vazão de pico e maior velocidade da água, resultando em alagamentos e enchentes (SILVA, 2007) .

Ainda segundo Silva (2007), outra consequência dessa situação é que quanto mais resíduo sólido for gerado, maior a possibilidade destes serem levados juntamente com a água, pelas canalizações, provocando o entupimento das mesmas, aumentando a chance de ocorrerem inundações. Já conforme Miguez, Verol e Rezende (2016), esses resíduos ainda podem provocar dois problemas para o corpo hídrico: o assoreamento de rios, devido a água pluvial carregá-los para o corpo hídrico e também redução da capacidade de drenagem de uma bacia, quando esses são combinados com uma erosão do solo.

Além disso, existe o conceito de que os dispositivos de drenagem, como sarjeta e boca de lobo, devem fazer o escoamento da água de forma mais rápida possível para as galerias e canalizações. No entanto, essa situação provoca um excesso de água, para o qual, as tubulações não estão dimensionadas, logo, as mesmas deverão passar por alterações continuamente (CAPUTO, 2012).

Outro fator decorrente da urbanização é a ocupação inadequada do solo, pois pessoas normalmente com nível educacional mais baixo, compram lotes ou instalam suas moradias, em regiões inadequadas, como taludes, por exemplo, e isso acontece por uma fiscalização

deficitária. Além disso, essa questão poderia ser evitada com a implantação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, pois o mesmo faria o zoneamento de áreas adequadas e inadequadas para loteamento e, conseqüentemente, habitação (CARDOSO NETO, 2020).

O período de retorno, segundo Azevedo Netto (1998, p.537), “é um período em que uma dada chuva pode ser igualada ou superada”. Esse parâmetro influencia diretamente na execução de obras de drenagem, pois quando o projetista estipula um tempo maior, são necessárias obras de grandezas maiores, conseqüentemente, de um custo mais elevado. Contudo, normalmente, a escolha desse período é limitada somente com a preocupação econômica e, devido a isso, prazos menores são estabelecidos, ocultando a realidade, já que problemas como as inundações surgirão, e serão prejudiciais principalmente para locais comerciais (CARDOSO NETO, 2020).

Na tabela 1, são propostos valores de período de retorno para obras de micro e macrodrenagem, e diferentes tipos de ocupação.

Tabela 1: Valores para o período de retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços públicos	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Cardoso Neto (2020)

A figura 1 elucidada a ligação da vazão com a questão da urbanização, em que nas áreas urbanizadas, atinge-se uma vazão de pico mais alta e em um tempo menor, enquanto em áreas não urbanizadas, essa vazão é mais baixa, e é amenizada num maior intervalo de tempo:



Figura 1: Comparação entre hidrogramas de áreas urbanizadas e não urbanizadas
Fonte: Tucci (2000)

2.2 Tipos de Enchentes e Consequências

As enchentes, dividem-se basicamente em três tipos: enchentes ribeirinhas, de urbanização e localizadas, podendo acontecer de forma independente ou em conjunto.

No primeiro tipo, a população assume a responsabilidade pelos prejuízos que são lhe causados devido à enchente, pois esse é um processo natural de um curso hídrico, o qual necessita de um leito menor para fazer o escoamento e de um leito maior que ocasionalmente é alagado, devido às precipitações excepcionais. É justamente nesse leito maior, onde pessoas ocupam de maneira irregular (TUCCI, 2000). A figura 2, demonstra os leitos de um curso hídrico.

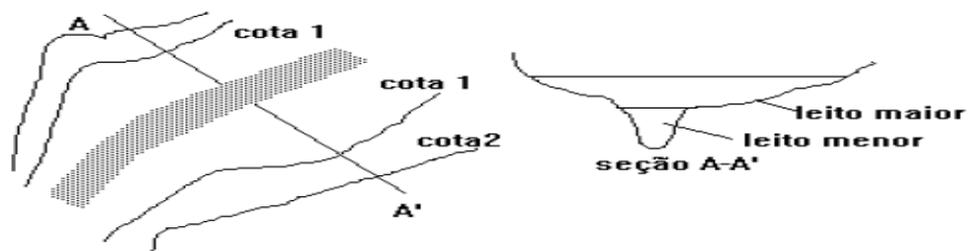


Figura 2 : Leitos do curso hídrico
Fonte: Tucci (2000)

O segundo tipo está relacionado com o aumento de áreas impermeáveis, diminuição da capacidade de infiltração do solo, e o aumento do escoamento superficial, nos centros urbanos, que por consequência, sobrecarregam a rede de drenagem (TUCCI, 2000).

O terceiro tipo deriva-se das obras de engenharia, tanto quando essas são feitas de forma errônea, como em drenagem de rodovias, quando em situações que obras de grande porte como pontes, taludes são executadas próximas ou no próprio corpo hídrico, diminuindo a área disponível de escoamento (TUCCI, 2000).

“Como consequência das enchentes, tem-se danos a infraestrutura urbana, traumas físicos e psicológicos, doenças de veiculação hídrica, transtornos psicossociais, possibilidade

de choques elétricos, entre outros” (CHRISTOFIDIS; ASSUMPCÃO; KLIGERMAN, 2019, p. 105).

2.3 Medidas De Controle

Depois de abordados os tipos de enchente, é importante entender quais são as possíveis medidas que conseguem promover a resolução ou antecipação dos prejuízos causados por essa. As medidas dividem-se em duas vertentes distintas, em que a primeira, chamada estruturante, baseia-se no aspecto construtivo em si, ou seja, são executadas canalizações, reservatórios, desvios, recomposição da vegetação, para atenuar o efeito das enchentes (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Essas medidas estruturantes, podem ser aplicadas em três caminhos diferentes, os quais são relacionados com a área que os mesmos serão implantados numa bacia hidrográfica. O primeiro é o local, onde é feita em lotes e lugares públicos como praças, o segundo é a microdrenagem, que abrange os loteamentos, e por fim, a macrodrenagem, que expande-se para os corpos hídricos em si, portanto percebe-se que esses caminhos seguem uma lógica de aplicação, já que vão da menor para maior área de implantação das medidas, dentro de uma bacia hidrográfica (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Já as medidas não estruturantes, estão relacionadas mais com o aspecto legislativo, representadas por leis e normas pré-determinadas, que promovem a mitigação das consequências de uma enchente. Para esse caso tem-se o exemplo do uso e ocupação do solo, que delimita as áreas que não se podem construir, além do estabelecimento de tecnologias de antecipação da possibilidade de ocorrência de enchente. Ressalta-se que a segunda vertente é mais barata e tem seu tempo de vigência mais prolongado do que a primeira, no entanto, executando-se as duas de forma conjunta, os resultados são mais expressivos (CANHOLI, 2005).

2.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana

Esse plano é composto por preceitos que visam tornar a drenagem urbana mais eficiente, pois trabalha com a interdependência com outros sistemas, como de esgotamento sanitário, e de destinação de resíduos sólidos, para que através disso, as consequências para o meio ambiente sejam amenizadas (CARDOSO NETO, 2020).

Além disso, as autoridades, devem garantir que estudos de prevenção sejam feitos para as possíveis consequências de uma ocupação em massa de uma determinada bacia. Caso isso não aconteça, as chances de problemas com drenagem aumentam. Um outro preceito do plano

impede que haja tratamento distinto para diferentes áreas atingidas, ou seja, uma não pode ser mais beneficiada do que a outra, logo não se trata de forma isolada. Ademais, devem ser garantidas que áreas destinadas para possíveis alagamentos não sejam ocupadas (CARDOSO NETO, 2020).

A sociedade deve ser ativa quanto à elaboração do plano, pois deve ser esclarecida acerca da causa dos problemas, as possíveis consequências, e soluções para a drenagem urbana. As autoridades também devem garantir que a escolha dessas soluções respeite uma hierarquia, a qual é fundamentada em dois vieses, o capital e o conhecimento existente (CARDOSO NETO, 2020).

Na Figura 3, tem-se a sequência recomendada para elaboração do plano.

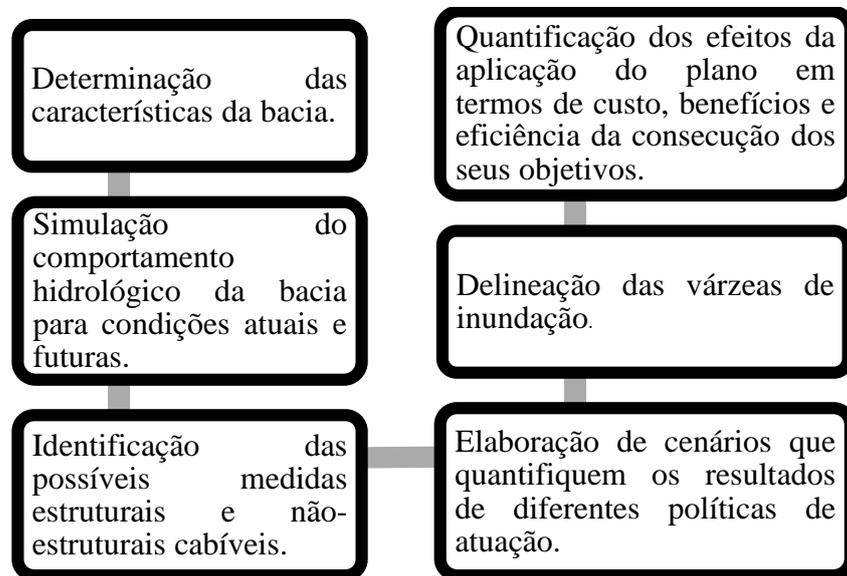


Figura 3: Etapas para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana
Fonte: Cardoso Neto (2020)

2.5 Drenagem Urbana Convencional

Primeiramente, é importante diferenciar os conceitos de drenagem e drenagem urbana, pois o primeiro, representa somente a parte de infraestrutura necessária, como sarjetas, canalizações, que servirão para conduzir as água pluviais para o local adequado, já o segundo, é mais completo, pois preocupa-se também com a parte de gerenciamento, já que prevê estabelecimento de políticas que visem a atenuação de riscos, e promovam um crescimento das cidades de forma equilibrada, minimizando os impactos à drenagem (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

A Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 traz diretrizes para o Saneamento Básico, e propunha outra definição para o conceito de drenagem e manejo de água pluviais. Essa

definição foi atualizada pelo Art. 7º A da Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, e pode ser vista a seguir:

Constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020).

A Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020 traz a garantia de acesso a esse serviço por toda população, assim como ao de esgotamento sanitário, abastecimento de água e na questão dos resíduos sólidos. De acordo com essa legislação, deve ser feita também, uma administração integrada entre diferentes esferas para realização desses serviços (BRASIL, 2020).

Outra diferenciação importante, é entre a microdrenagem e a macrodrenagem, pois como seus prefixos sugerem, a primeira se caracteriza por ser constituída por dispositivos, como meio-fio, sarjetas, bocas de lobo, canalizações, poços de visita, galerias, instalados em vias, e que formam toda uma rede para fazer a drenagem da água pluvial proveniente da área urbana propriamente dita, como de lotes e condomínios. Enquanto a segunda, além de receber a água vindoura da primeira, diz respeito tanto a elementos naturais, como rios e córregos, quanto a artificiais, como as barragens, que possuem áreas maiores que a do sistema de microdrenagem, e promovem a convergência de todo o escoamento da bacia para a destinação final (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

É importante fazer a conceituação desses dispositivos de microdrenagem já citados anteriormente. Segundo DNIT (2004), as sarjetas são dispositivos que por serem colocados junto as vias de rolamento nas suas extremidades laterais, e devido ao seu formato triangular ou retangular, possibilitam uma trafegabilidade com maior segurança, pois não permitem que a água escoe para locais que poderiam ser danificados, como o próprio pavimento e taludes por exemplo. Na figura 4, tem-se a representação de uma sarjeta.

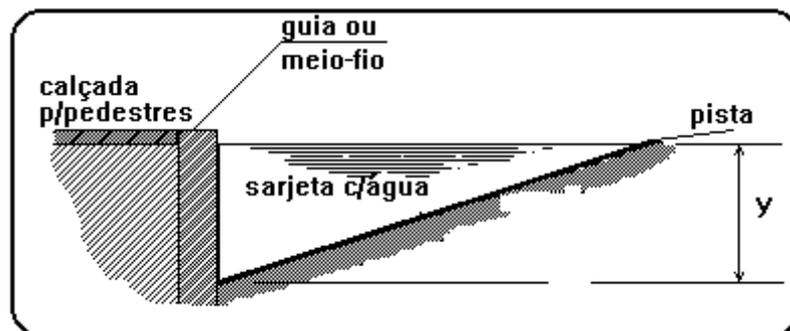


Figura 4: Representação do conjunto sarjeta, pista, calçada e meio-fio.
Fonte: Bacelar (2013)

Já bocas de lobo, servem para fazer com que o escoamento da água superficial ocorrente nas sarjetas, seja direcionado para os dispositivos subterrâneos, como as galerias por exemplo,

através das grelhas que lhe compõe. Devem ser instaladas em cruzamentos, locais mais baixos de uma via, onde ocorre mudança de direção e em pontos que ultrapassam o quanto a sarjeta foi dimensionada para suportar (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Na figura 5, podem ser vistos alguns tipos desse dispositivo.

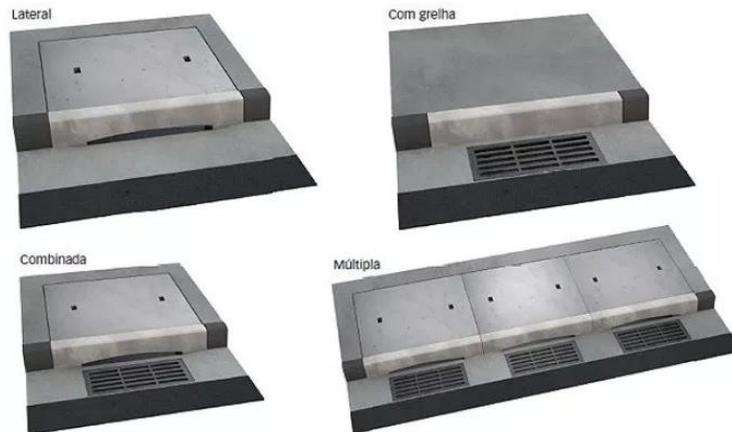


Figura 5: Bocas de lobo

Fonte: Nunes (2016)

Os poços de visita, dentro de uma rede de drenagem, têm várias funções, sendo a principal promover o encontro das águas pluviais vindouras a montante, e transferir para galerias a jusante. Já como funções secundárias, servem também para diagnosticar a situação da rede, permitir que se façam alterações de diâmetro da tubulação e de declividades (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Na figura 6, tem-se a representação de um poço de visita.

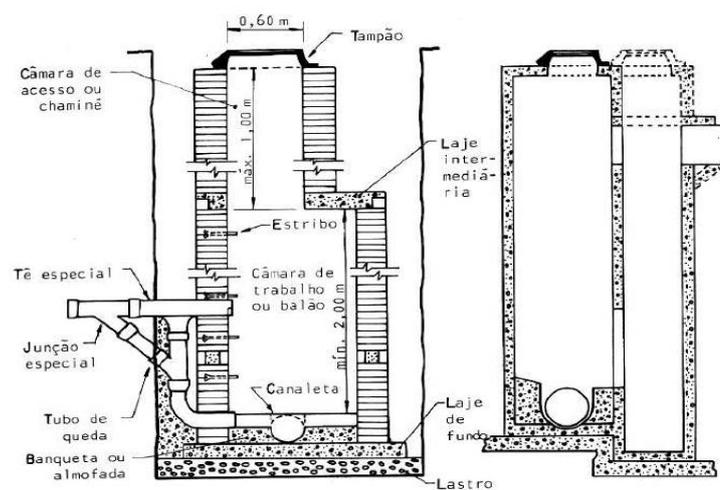


Figura 6: Poço de visita

Fonte: ABNT (1987)

As galerias têm como função realizar a condução da água pluvial desde o local de captação, onde normalmente são feitas pelas bocas de lobo, até o local de deságue, ou seja, um corpo receptor (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Na figura 7, tem-se a representação da construção de uma galeria.



Figura 7: Galeria pluvial
Fonte: Faria (2019)

Ainda sobre essas galerias, Menezes Filho e Costa (2012) dizem que o dimensionamento inexato desses dispositivos, com o uso de dados errôneos, principalmente, em grandes centros, culminam em galerias sobrecarregadas, que necessitam de uma medida auxiliar, como um reservatório de detenção, para ter uma eficiência satisfatória. Vieira et al. (2011) relatam em seu estudo que a água proveniente desse dispositivo, também em grandes cidades, pode apresentar microrganismos patógenos, como *Escherichia Coli*.

A elaboração de um projeto de drenagem urbana convencional consiste basicamente em três etapas: a primeira é a topográfica, em que por meio dela é possível definir quais os caminhos que a água percorrerá, seguidamente tem-se a etapa do estudo de traçado da rede, nesse caso, é feita a verificação de qual bacia de contribuição estará atuando em cada segmento. Por fim tem-se o dimensionamento dos dispositivos em si, com a estimativa do valor da chuva de projeto, tempo de retorno, diâmetro das galerias, altura das sarjetas, dimensões de boca de lobo, entre outros (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Para elaboração do projeto de drenagem, Menezes Filho e Costa (2012, p.8) sugerem que sejam seguidas as seguintes etapas:

1. Fixação do período de retorno T
2. Delimitação da bacia de contribuição
3. Lançamento da rede (Boca de lobo, Poços de Visita, para esses dois dispositivos devem ser feitas as verificações de distâncias máximas, além de Galerias e Mosaico)
4. Numeração de cada PV
5. Determinações (Cotas superficiais dos poços de visita, área de contribuição local a cada PV, maior área de contribuição de cada PV, tempo de concentração tc,

intensidade pluviométrica i , coeficiente de “runoff” C e vazão local pelo Método Racional ou pelo HU)

6. Método de Cálculo (Arbitrar o diâmetro D e a declividade da galeria, determinação do diâmetro comercial D , fixação da relação h/D e cálculo da velocidade)

2.6 Drenagem Urbana Sustentável

Nos anos 60, os países desenvolvidos foram pioneiros do estabelecimento de uma nova ideia para a drenagem urbana, com o intuito de amenizar os impactos devido à urbanização, na drenagem, como as inundações, atuando conjuntamente com o sistema tradicional existente ou de forma individual. Dessa forma, os principais sistemas sustentáveis relatados são os pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, poços de infiltração, reservatórios de retenção e retenção, telhados verdes, entre outros (POLETO; TASSI, 2012).

Esses sistemas objetivam uma diminuição do escoamento superficial, conseqüentemente, permitem que o solo adquira uma maior capacidade de infiltração, reabastecendo as bacias, e promova uma melhor qualidade da água. Com isso, as interferências ocorridas pelo processo de urbanização no ciclo hidrológico são atenuadas (POLETO; TASSI, 2012).

Teixeira, Nascimento e Mendes (2016) corroboram o que foi dito anteriormente, quando por meio de seus estudos, ao comparar as atuações do sistema de microdrenagem convencional isoladamente e associado com uma medida compensatória, descobriram uma diminuição tanto da vazão do escoamento superficial, quanto do custo de execução da segunda alternativa apresentada em relação à primeira, além de permitir uma melhora paisagística do local de implantação.

Já Vasconcellos, Miguez e Vazquez (2016) fizeram um estudo de avaliação dessas medidas implantadas no lote e descobriram que se os reservatórios forem utilizados sozinhos apresentam dois aspectos negativos: dimensões incapazes de serem construídas em lotes ou não provocam a diminuição da vazão efluente, da forma que se era esperada. Mas comparando a utilização dos mesmos aliados a outra medida, como por exemplo, os jardins rebaixados ou telhados verdes, já se considera satisfatória a eficiência da drenagem.

Os pontos positivos dos sistemas de drenagem sustentável segundo Agostinho e Poleto (2012, p.128) são: “redução do escoamento superficial, aumento da infiltração no solo, retenção de água para usos nobres, criação de área de lazer e melhor aspecto paisagístico das cidades”.

Ainda conforme Agostinho e Poleto (2012, p.129), os pontos negativos são: “necessidade de manutenção frequente, devido a principalmente os resíduos sólidos, risco de

colmatação, e custo de implantação alto, quando são necessárias adaptações a sistemas pré-existentes”.

2.6.1 Reservatório de detenção

Os reservatórios de detenção são locais que, dependendo da disponibilidade de área para sua implantação nos centros urbanos, podem apresentar várias funções, desde a questão hidrológica em si até a parte de integração com a arquitetura do ambiente onde foi instalado. Sua função principal, está relacionada com armazenamento de água pluvial, pois promove uma gradativa diminuição da vazão de pico decorrente do período de precipitação, para que essa vazão se assemelhe aos valores encontrados no cenário de pré-desenvolvimento da área (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Como funções secundárias, beneficia a rede de drenagem de duas formas: acumulando resíduos que poderiam encaminhar-se para a mesma e possibilitando condutos de menores diâmetros. No entanto, com relação a sua composição, requer um dispositivo que impeça o transpasse de resíduos urbanos, como galhos por exemplo, pois esses podem atrapalhar a entrada do reservatório e deve ter um canal de escoamento da água excedente, para situações excepcionais. Além disso, como já foi citado anteriormente, o reservatório integra-se com o espaço urbano, funcionando como local de esportes, recreação (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Menezes Filho e Costa (2012) fizeram um trabalho para avaliar as galerias pluviais de uma sub-bacia do córrego Botafogo, em Goiânia, e verificaram que em determinados trechos somente a galeria, não conseguiria suportar a demanda de água a ser conduzida. Portanto, sugeriram que esses reservatórios fossem instalados como um dispositivo preliminar que reduziriam a vazão de pico, e proporcionariam maior eficiência para as galerias, reafirmando o que foi dito anteriormente.

Vergutz, Pereira e Schmidt (2019) realizaram um estudo para uma bacia hidrográfica de Uberlândia-MG, com o auxílio de um software de hidrologia, e relataram que a posição de saída no reservatório influencia diretamente na eficiência do mesmo. De acordo com os autores, se essa posição for modificada ao longo da altura, e não colocada no fundo do reservatório, esse pode atingir valores de vazão de pico menores ou semelhantes a um cenário em que não havia ocorrido urbanização da área ainda.

Melo (2016) aborda alguns métodos para realizar o dimensionamento de reservatórios de detenção, os quais visam determinar o volume do dispositivo. Estes são: Método Racional, Método de Silveira e Goldenfum, Método de Urbonas e Glidden, Método de Baker, Método de

Wycoff e Singh, Método de ABT e GRIGG e Método do Departamento de Esgoto e Água Pluvial da prefeitura de Porto Alegre.

Um exemplo de reservatório de detenção é apresentado pela figura 8.



Figura 8: Reservatório de detenção
Fonte: ABCP (2020)

Outros dois modelos de reservatório são o de retenção e de lote, o primeiro ainda é uma solução que abrange áreas grandes, com características parecidas com o de detenção, mas difere quanto à presença da água no seu interior e um consequente tratamento biológico da mesma. O segundo, é uma solução de caráter individual, pois como são instalados junto às residências, permitem o uso da água por parte dos moradores, para fins que não requerem uma qualidade excelente do fluido (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.6.2 Outras técnicas sustentáveis

As trincheiras de infiltração têm como característica apresentar uma desigualdade entre uma dimensão e as outras duas dimensões que lhe compõe, pois, o comprimento desse dispositivo prevalece com relação a sua largura e profundidade, caracterizando uma linearidade. São compostas, normalmente, por agregados graúdos, como brita por exemplo, e servem para receber as águas pluviais e encaminhá-las para o solo por meio do processo de infiltração, auxiliando na redução do escoamento superficial. Como outra vantagem, pode fazer parte do paisagismo do local em que está implantada. Em contrapartida, caso não seja feita a sua proteção contra materiais finos através de membrana geotêxtil, essas ficam suscetíveis ao processo de colmatção (LIMA, 2009).

Segundo Reis e Ilha (2014, p.80), “o poço de infiltração consiste em uma escavação no solo revestida por tubos de concreto perfurados ou tijolo assentado em crivo; sua lateral e fundo são preenchidos com brita envolta em geotêxtil”.

Nesses poços podem acontecer três processos diferentes: a infiltração da água no solo, o armazenamento da mesma pelo poço e a necessidade de encaminhar o excesso de água para a rede convencional. O limite entre a primeira e a segunda situação depende do máximo que o solo consegue absorver no processo de infiltração, já o limite da segunda com a terceira, vem do alcance da capacidade máxima do poço (REIS; ILHA, 2014).

Os telhados verdes consistem em vegetações instaladas sobre superfícies com baixa absorvidade de água, visando melhorias com relação ao aspecto hidrológico, térmico e acústico para as áreas urbanas. Esses telhados subdividem-se em três tipos: extensivos, intensivos e semiextensivo, e tem por característica apresentar flexibilidade em sua construção, pois oferecem várias alternativas quanto aos materiais empregados, nas diferentes etapas de sua composição (COSTA et al., 2012).

Já com relação ao pavimento permeável, esse é composto basicamente por um revestimento, podendo ser concreto ou asfalto, uma camada que tem a função de permeabilidade, e uma camada de obstrução dos finos, composta por geotêxtil (CANHOLI, 2005).

2.7 Sistemas Coletivos

O transporte da água pluvial de forma conjunta, isolada ou fracionada, com o esgoto sanitário, o qual é formado pelo esgoto doméstico, industrial e as águas de infiltração, é um fator para fazer a distinção de determinados tipos de sistemas de esgoto. Esses sistemas são divididos em três categorias, sistema combinado ou unitário, sistema separador absoluto e sistema separador parcial (SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

No quadro 1 é feita a distinção entre o sistema combinado e sistema separador absoluto.

Quadro 1: Diferenças entre o sistema combinado e separador absoluto

Sistemas	Combinado ou unitário	Separador absoluto
Definição	Esgoto sanitário e água pluvial escoam por uma única rede.	A água pluvial escoa numa rede própria, com o esgoto sanitário escoando em outra rede.
Característica	<ul style="list-style-type: none"> • Encarecimento do sistema de tratamento de esgoto. • Execução mais trabalhosa e lenta. • Não é adequado para estradas sem pavimentação. • As galerias pluviais terão de ser construídas em todas as vias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deságue da água pluvial em cursos hídricos. • Execução menos onerosa. • Pode ser construída em vias não pavimentadas. • As galerias não necessitam ser instaladas em todas as vias. • Mais utilizado no Brasil.

Fonte: Sobrinho; Tsutiya (1999)

No separador parcial, conforme Sobrinho e Tsutiya (1999, p. 3), “uma parcela das águas de chuva, provenientes de telhados e pátios das economias são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte dos esgotos”.

2.8 Precipitação

As precipitações representam a forma como a água entra em contato com o solo depois de estar na forma de vapor na atmosfera, sofrendo assim, a condensação. Isso pode resultar em chuva, granizo, neblina, entre outros (CARVALHO; SILVA, 2006a).

Para que ocorra a precipitação, é essencial que as massas de ar úmido passem pelo processo de resfriamento, o qual permite a condensação do vapor. Esse resfriamento está diretamente ligado com os diferentes tipos de precipitações, pois esses tipos representam a maneira como é feita a ascensão da massa de ar, e para ocorrer a precipitação, é imprescindível essa elevação para a atmosfera da massa de ar (CARVALHO; SILVA, 2006a).

Outras etapas do processo de formação de uma precipitação são umidade do ar, coalescência e difusão por vapor, sendo que a umidade é a primeira etapa e os outros dois

termos, os quais representam exatamente maneiras de origem das gotas, compõe a última etapa de todo processo de precipitação (CARVALHO; SILVA, 2006a).

Para entender os tipos de precipitações, é necessário primeiro ressaltar que a temperatura e o relevo, são os dois parâmetros responsáveis pela diferenciação entre os conceitos, pois as precipitações convectivas e ciclônicas são caracterizadas com base no primeiro parâmetro e quando for orográfica, depende do segundo parâmetro (TUCCI, 2001).

Com relação às orográficas, segundo Tucci (2001), a própria montanha ou morro provoca a subida da massa de ar e sofre com a atuação da chuva. Já precipitações ciclônicas e convectivas, embora sejam dependentes da temperatura, apresentam diferenças, as quais podem ser vistas no quadro 2.

Quadro 2: Diferenças entre precipitação ciclônica e convectiva

Precipitação Ciclônica	Precipitação Convectiva
Variação da pressão, massas de ar vão da alta para baixa pressão	Variação de densidade, com elevação abrupta das massas com menos densidade
Ocorrem por um período prolongado	Ocorrem por um pequeno período
Intensidade fraca a branda	Intensidade forte
Atuam em grandes bacias	Atuam em pequenas bacias

Fonte: Tucci (2001)

Para aferir a intensidade pluviométrica, a qual é dada normalmente em mm/h ou mm/min, necessita-se estimar a altura de lâmina de água em mm, por meio de um pluviômetro, além de anotar o período de acontecimento da chuva, em horas. Para o caso de dimensionamento de dispositivos de drenagem urbana convencional, usa-se o pluviógrafo, pois esse medidor constituído por um receptor de 200 cm² possibilita elaborar a IDF, a curva de intensidade, duração e frequência, necessária para esse caso (CARVALHO; SILVA, 2006a). A figura 9 traz um exemplo de um pluviômetro.



Figura 9: Pluviômetro
Fonte: Carvalho; Silva (2006)

Para fazer a estimativa de chuvas intensas, os parâmetros de intensidade, frequência e duração devem atuar conjuntamente, fazendo-se essa relação por meio de métodos numéricos, ou equações. Dessa forma, é possível por exemplo, determinar a recorrência de uma precipitação máxima para uma determinada região (UTFPR, 2020).

Sobre os parâmetros, a duração varia entre 5 min e 24 horas, e é antagônica à intensidade, logo quanto mais uma cresce, a outra diminui. Destaca-se ainda, que os dados necessários para utilizar as equações são retirados dos medidores de precipitação, normalmente o pluviógrafo. Essa estimativa juntamente com o período de retorno, são essenciais para execução de projetos de galerias pluviais, barragens, bueiros, entre outros (UTFPR, 2020).

Alguns autores, em seus trabalhos, desenvolveram equações para estimar essas chuvas intensas, utilizando diferentes métodos. Mello et al. (2001) propuseram três equações para estimativa dessa intensidade, e concluíram que entre essas, o modelo usual seria o mais recomendado para ser aplicado em obras relacionadas com bacias hidrográficas. Abaixo tem-se as equações 1, 2 e 3, com a identificação dos respectivos modelos de cada:

Modelo usual:

$$\text{Equação 1: } I = \frac{C \cdot Tr^m}{(A + td^n)} + e$$

Modelo exponencial:

$$\text{Equação 2: } I = e^{B + D \cdot Tr^x + E \cdot (\ln td)^2}$$

Modelo linear:

$$\text{Equação 3: } I = A1 \cdot \ln(Tr) + B1 \cdot \ln(td) + C1 \cdot [\ln(td)]^2 + D1 \cdot \ln(Tr) \cdot \ln(td) + \varepsilon$$

Com relação a essas equações, Tr e Td são respectivamente o tempo de retorno e tempo de duração, I é a intensidade de chuva, o restante representam parâmetros de ajuste.

Outros dois estudos a serem destacados são o de Coelho Filho, Melo e Araújo (2017), que fez a estimativa das precipitações máximas para a cidade de Goiânia usando a distribuição de probabilidade de Gumbel e a Generalizada de Valores Extremos, aplicando o método do momento e método do momento-L. E também o trabalho de Oliveira, Antonini e Griebeler (2008), que fizeram o estudo das chuvas intensas para algumas cidades goianas, utilizando o método de Bell e a distribuição de Gumbel.

2.9 Escoamento Superficial

Durante uma precipitação incidente na área terrestre, ocorrem diferentes fases até que ocorra propriamente o escoamento superficial. O fluxo de água na face do solo acontecerá quando sequencialmente, o mesmo não conseguir realizar a infiltração mais rapidamente,

devido ao excesso de água pluvial, e posteriormente, seja alcançado o máximo que esse pode manter de água superficialmente (UFBA, 2020a).

Esse escoamento divide-se em três vertentes, as quais estão relacionadas diretamente com o local de ocorrência, o que pode ser visto no quadro 3:

Quadro 3: Tipos de escoamento e local de atuação

Escoamento superficial	Escoamento subsuperficial	Escoamento subterrâneo
Local: superfície do solo	Local: raízes das vegetações	Local: aquíferos

Fonte: UFBA (2020)

São três, as fases citadas anteriormente, cujas características estão apresentadas no quadro 4:

Quadro 4: Fases do escoamento

1º Fase	2º Fase	3º Fase
Baixa umidade no solo	A vegetação não consegue reter mais a água pluvial	Interrupção da precipitação
Precipitação retida pela vegetação ou infiltrada no solo	Armazenamento de água em superfícies de depressão rasa	Fim do escoamento superficial
Não há escoamento superficial	Formação do escoamento superficial, à medida que a precipitação continua acontecendo, seguindo rumo ao corpo hídrico	Processo de infiltração e evaporação diminuem a água superficial restante no solo

Fonte: UFBA (2020)

Diferentes fatores influenciam no escoamento superficial, alguns à medida que crescem, provocam o aumento do escoamento, dentre esses pode-se citar, a duração e a intensidade da precipitação. Já outros parâmetros, à medida que crescem, provocam a diminuição do escoamento, como a permeabilidade e capacidade de infiltração do solo (CARVALHO; SILVA, 2006b).

Conforme Carvalho e Silva (2006b, p. 97), “o coeficiente de escoamento superficial ou *runoff*, possibilita estabelecer a relação entre o volume de água escoado e o volume de água precipitado”, a equação 4 traz essa razão.

$$\text{Equação 4: } C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

Na tabela 2, tem-se valores do coeficiente para diferentes superfícies.

Tabela 2: Coeficiente de escoamento

Natureza da Bacia	C
Telhados	0,7–0,95
Superfícies asfaltadas	0,85-0,9
Superfícies pavimentadas e paralelepípedos	0,75-0,85
Estradas macadamizadas	0,25-0,6
Estradas não pavimentadas	0,15-0,3
Terrenos descampados	0,1-0,3
Parques, jardins e campinas	0,05-0,2

Fonte: Azevedo Netto (1998)

Segundo Carvalho e Silva (2006b), existem várias metodologias que permitem calcular o escoamento superficial, essas são o método racional, método do hidrograma, medição do nível de água, método I-Pai-Wu, fórmulas empíricas, entre outros. No entanto, será abordado somente o método racional, pois o mesmo será utilizado neste trabalho.

2.10 Infiltração

O processo de infiltração da água pluvial no solo, apresenta diferentes fases, assim como o escoamento superficial, pois deve-se avaliar por exemplo, o que acontece quando ocorre a superação da capacidade de infiltração do solo devido à precipitação, o comportamento da infiltração durante e após as chuvas. Salienta-se ainda que essa infiltração é beneficiada por uma permeabilidade e umidade inicial baixa do solo, além de sofrer influência da temperatura do solo também (UFBA, 2020b).

Com relação ao umedecimento do solo através da infiltração, dissocia-se em duas situações: durante e depois da precipitação, mas ressaltando que acontece em fluxo descendente. Durante a precipitação, a face externa do solo fica mais umedecida que seu interior, podendo atingir até mesmo a saturação, no segundo momento, após a chuva, o interior do maciço de solo, apresenta-se mais umedecido que a face externa (UFBA, 2020b).

Duas grandezas são importantes para esse processo de infiltração, pois uma representa uma característica inerente ao solo, e acontece antes de uma precipitação, já a segunda ocorre por consequência do mesmo, essas são respectivamente, capacidade de infiltração do solo e taxa de infiltração do solo (UFBA, 2020b).

Para entender a capacidade de infiltração do solo, a qual representa o quanto o maciço consegue incorporar de água pluvial, é importante destacar que assim como foi citado anteriormente, o comportamento dessa é ditado pela precipitação. Pois enquanto ocorre o

evento climático, e o mesmo não supera a capacidade de infiltração, acontece o fluxo da água pelo solo normalmente. No entanto, o prosseguimento da chuva, culmina numa diminuição gradativa dessa capacidade, até conseguir superá-la, provocando um possível escoamento na superfície. Por fim, após o evento climático, essa grandeza começa a recuperar e aumentar novamente (UFBA, 2020b).

“O ensaio de infiltrômetro utiliza cilindros concêntricos e medidor de volume de água, com objetivo de anotar o tempo, o volume lido, variação de volume, e calcular a altura da lâmina e a capacidade de infiltração do solo, e por fim gerar a curva de infiltração” (UFBA, 2020b, p.48).

As figuras 10 e 11, trazem respectivamente, a representação do infiltrômetro e da curva de infiltração.

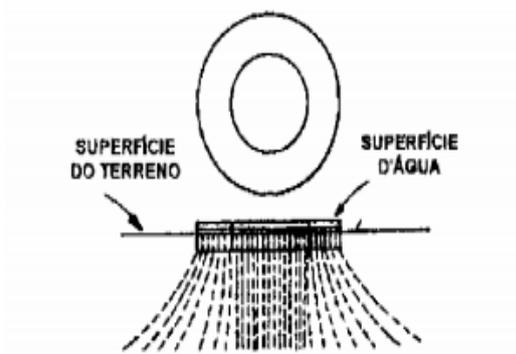


Figura 10: Infiltrômetro
Fonte: UFBA (2020b)

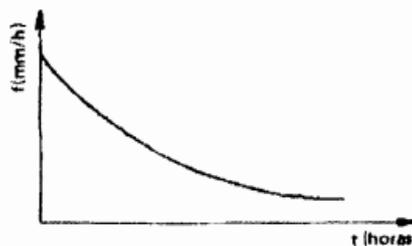


Figura 11: Curva de infiltração
Fonte: UFBA (2020b)

A equação de Horton possibilita realizar o cálculo da infiltração pontual, por meio de uma função, a qual tem o limitante de que a precipitação incidente deve ser sempre maior do que a capacidade de infiltração do solo; e permite também, gerar a curva de infiltração (UFBA, 2020b). Para essa operação, são necessárias as equações 5 e 6.

$$\text{Equação 5: } f = fc + (fo - fc) \cdot e^{-kt}$$

$$\text{Equação 6: } K = \frac{(fo - fc)}{Fc}$$

Os parâmetros f , f_0 , f_c , F_c e K , representam respectivamente a capacidade de infiltração no tempo t , capacidade de infiltração inicial, capacidade de infiltração final, área do gráfico da curva de infiltração e a condutividade hidráulica (UFBA, 2020b).

2.11 Condutividade Hidráulica Do Solo

A condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade é um parâmetro cuja unidade é em cm/s, e auxilia no cálculo do fluxo de água pelo solo, por meio da equação de Darcy. Ela é variável de acordo com cada solo, e pode ser determinada por ensaios, além de ser influenciada por diferentes fatores como viscosidade, granulometria, dimensão dos poros, entre outros (DAS, 2007).

Na tabela 3, são apresentados valores de coeficiente para diferentes solos saturados.

Tabela 3: Valores para coeficiente de permeabilidade

Tipo de solo	k	
	Cm/s	Ft/min
Pedregulho limpo	100-1,0	200-2,0
Areia grossa	1,0-0,01	2,0-0,02
Areia fina	0,01-0,001	0,02-0,002
Argila de silte	0,001-0,00001	0,002-0,00002
Argila	<0,000001	<0,000002

Fonte: Das (2007)

A lei de Darcy possibilita calcular tanto a vazão quanto a velocidade de percolação da água pelo solo, com o auxílio da área e do gradiente hidráulico, o qual é dependente da razão entre outras duas grandezas: a carga que foi dissipada justamente pela percolação, e a distância de análise desse fluxo. Ressalta-se que apesar de ter sido deduzida por meio de experimento com areia, essa equação pode ser aplicada para outros solos (PINTO, 2006). Para efetuar esses cálculos são necessárias as equações 7 e 8.

$$\text{Equação 7: } q = k \cdot i \cdot A$$

$$\text{Equação 8: } v = k \cdot i$$

As variáveis q , k , i , A e v representam respectivamente, a vazão, coeficiente de permeabilidade, gradiente hidráulico, área do permeâmetro, e velocidade de percolação solos (PINTO, 2006).

Conforme Das (2007), os dois principais ensaios de laboratório para determinação do coeficiente de permeabilidade se diferem quanto ao valor da carga (h) aplicada, pois um é constante, e o outro é variável. Além disso quando o experimento é constante, a vazão também

fica constante, possibilitando calcular o volume de água anotado (Q) durante um período (t), e por meio desse volume, do comprimento (L) e da seção do corpo de prova (A), é encontrado o coeficiente de permeabilidade (k) com a equação 9.

$$\text{Equação 9: } k = \frac{Q.L}{A.h.t}$$

Na figura 12 é apresentado o equipamento usado nesse ensaio.

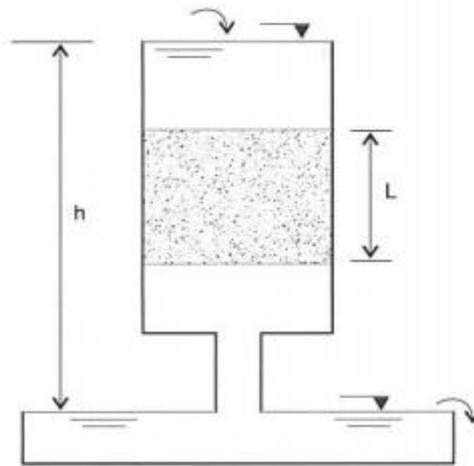


Figura 12: Permeômetro com carga constante

Fonte: Pinto (2006)

Já para o ensaio de carga variável, Das (2007) diz que é possível calcular a vazão para diferentes tempos (t), e com o auxílio das áreas transversais da amostra do piezômetro (a), e do comprimento do corpo de prova (L), pode-se determinar o coeficiente (k) por meio da equação 10:

$$\text{Equação 10: } k = 2,303 \cdot \frac{a.L}{A.t} \cdot \log_{10} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

A figura 13 demonstra o instrumento usado no ensaio com carga variável.

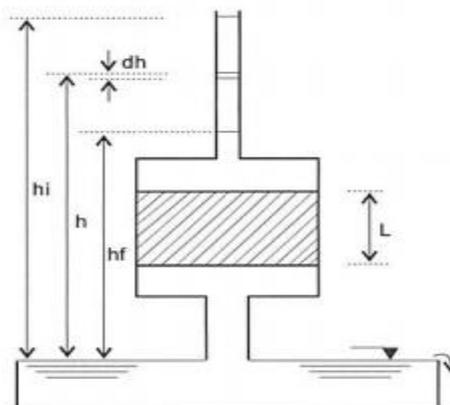


Figura 13: Permeômetro com carga variável

Fonte: Pinto (2006)

Outras duas formas da determinação desses coeficientes são: por meio de ensaios em campos, e métodos indiretos. Quanto ao primeiro, apresenta o ponto positivo de representar a situação real do solo, já como aspecto negativo, exige muitos parâmetros para o cálculo do coeficiente. Já o segundo, fundamenta-se nos conceitos de recalque e adensamento de solos para estimar esse coeficiente (PINTO, 2006).

Segundo Marangon (2015), o coeficiente de permeabilidade (k) pode ser determinado também por meio de equações que relacionam os fatores que o influenciam, como índice de vazios, temperatura e estratificação.

Para os índices de vazios (e), é utilizada a equação 11.

$$\text{Equação 11: } \frac{k_1}{k_2} = \frac{\frac{(e_1)^3}{1+e_1}}{\frac{(e_2)^3}{1+e_2}}$$

Para a temperatura (T), deve ser considerada ainda a viscosidade da água com uma temperatura de 20° (η_{20}), a viscosidade da água na temperatura do ensaio (η_T) ou a relação entre viscosidades (Cv), e o valor de K na temperatura do ensaio (K_T). São utilizadas as equações 12 e 13.

$$\text{Equação 12: } K_{20} = K_T \cdot \frac{\eta_T}{\eta_{20}} = K_T \cdot Cv$$

$$\text{Equação 13: } \eta = \frac{0,0178}{1+0,033T+0,0002T^2}$$

Quanto à estratificação do terreno existe dois casos: se a permeabilidade é paralela ou perpendicular, além de necessitar do gradiente hidráulico (i) para o cálculo. Caso seja paralela é a equação 14 a ser aplicada.

$$\text{Equação 14: } k_V = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

Caso a permeabilidade ocorra perpendicularmente a estratificação de terreno, a equação 15 deve ser aplicada.

$$\text{Equação 15: } k_V = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{k_i}\right)}$$

Sobre esses aspectos ainda, temperatura, índice de vazios e grau de saturação são diretamente proporcionais ao coeficiente de permeabilidade, logo ou ambos crescem ou ambos diminuem. Já a viscosidade é inversamente proporcional, quando essa cresce, a condutividade hidráulica diminui, e quanto a estrutura do solo, se essa for flokulada, é mais favorável para a condutividade hidráulica, do que se for dispersa (MARANGON, 2015).

2.12 Legislação Concernente À Drenagem

A Lei Complementar N°. 5318 de 10 de setembro de 2007 discorre sobre o Plano Diretor de Rio Verde/GO e estabelece diretrizes que são benéficas para a drenagem, como a delimitação de um percentual de permeabilidade com relação as obras de infraestrutura, o impedimento do transporte numa rede única, do esgoto bruto e da água pluvial, além de garantir a existência de áreas de preservação (RIO VERDE, 2007).

A Lei N° 3.635 de 3 de março de 1998 descreve a remodelação do Código de Postura de Rio Verde, e relata que para obras públicas é permitido fazer a obstrução do fluxo de pedestres, veículos em áreas públicas, como praças, vias, passeio, entre outros. Além disso, para execução das obras, exceto nos casos de pintura e obras em muros, é obrigatório o uso de tapumes provisórios. Ademais, nas intervenções feitas em cruzamentos de vias deve-se atentar para a necessidade de fazer a identificação dessas vias utilizando o próprio tapume (RIO VERDE, 1998).

A NBR 12266/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traz orientações para Projeto e execução de valas e escoramentos para a instalação das tubulações de água, esgoto e de drenagem urbana, abordando várias definições de diferentes termos, como escoramento, reaterro da vala. Também expõe minuciosamente as etapas constituintes do projeto, dentre essas pode-se citar o projeto hidráulico propriamente dito, posicionamento das valas, relatório do projeto, dimensionamento das valas, entre outros. Após isso, há a explanação detalhada das etapas de execução, das quais podem ser citadas a sinalização, escavação, retirada e recolocação do pavimento, retirada do escoramento, entre outros. Por fim, nos anexos, há tabelas com larguras de valas, desenhos acompanhados das dimensões de equipamentos utilizados nessas obras, como cavaletes, e tapumes de contenção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho foi realizado um tipo de pesquisa denominado estudo de caso, pois verificou-se a problemática que a instituição apresenta, fez-se uma busca em literaturas existentes, como livros, artigos, dissertações, para fundamentar os fatores que contribuíram para essa situação. Agora, nesse tópico, foram detalhados os materiais e procedimentos adotados para dimensionamento, orçamentação e verificação de área de implantação para as soluções propostas para o problema.

3.1 Descrição da Área de Estudo

O Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde é uma instituição de ensino pública, que abrange diferentes níveis educacionais, contendo dois cursos de proeja integrado ao técnico, nove cursos técnicos, treze cursos de graduação e oito de pós-graduação. Fica localizado na rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, em Rio Verde, no Estado de Goiás.

Ao longo do tempo, recebeu diferentes nomes, como Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde, Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde, até que em 2008, recebeu a nomeação vigente. Além disso, a instituição teve uma expansão de sua estrutura, também com o decorrer dos anos. Isso pode ser visto nas figuras 14 e 15, as quais mostram como era a vista superior da instituição em 2007 e como está em 2020, perfazendo um intervalo de tempo de 13 anos.



Figura 14: Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2007
Fonte: Google Earth Pro (2007)



Figura 15: Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2020
Fonte: Google Earth Pro (2020)

O campus conta com diversas edificações, com bloco administrativo, secretaria de cursos técnicos e superiores, laboratórios de diferentes áreas, ginásio de esportes, refeitório e cantina, biblioteca, garagem, blocos com salas de aula, auditório, sala dos professores, casa de cultura, assistência estudantil, polo de inovação, bloco de informática. Além dos estacionamentos para veículos, espalhados pela instituição.

As vias que foram construídas mais recentemente juntamente com as edificações mais novas na instituição, são constituídas de bloco em formato de hexágono, já as demais vias são de pavimento asfáltico. Com relação à quantidade, através da figura 16, observou-se que existem oito vias de pavimento asfáltico e quatro vias com bloco em formato de hexágono.

Na figura 16, tem-se qual é a área de estudo dentro da instituição. Ressalta-se que na delimitação dessa área, considerou-se os locais onde há maior aglomeração de edificações, e maior presença de vias pavimentadas, dentre a área total. Ademais, o campo, a reserva florestal e outras áreas verdes de extensão significativa foram desconsiderados, pois, são áreas permeáveis, logo não são tão prejudicadas quanto a drenagem da água pluvial. A área total delimitada apresenta 11,6 ha e comprimento total de 2,77 km, uma elevação máxima de 762 m, e elevação mínima de 745 m.

Além disso, em Rio Verde, com base nos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no ano de 2019, os meses que tiveram maiores índices de precipitação em mm, foram janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Já o período de estiagem compreende os meses de junho a setembro, como pode ser visto na figura 17.



Figura 16: Área de estudo dentro da instituição
Fonte: Google Earth Pro (2020)

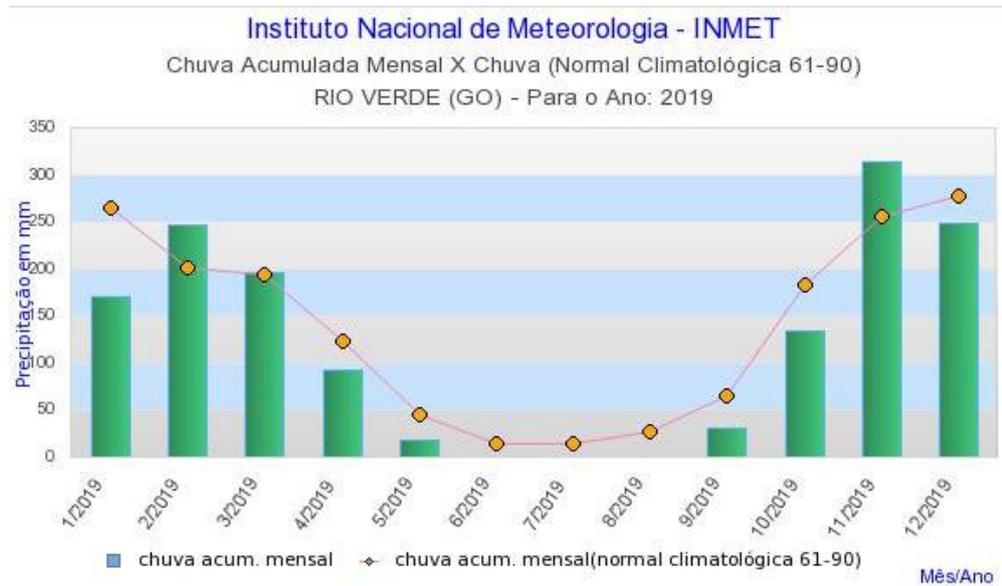


Figura 17: Chuva acumulada mensal x chuva normal
Fonte: INMET (2019)

Na figura 18 tem se um fluxograma das etapas que foram desenvolvidas durante a metodologia, e em sequência está detalhada como são algumas dessas etapas.

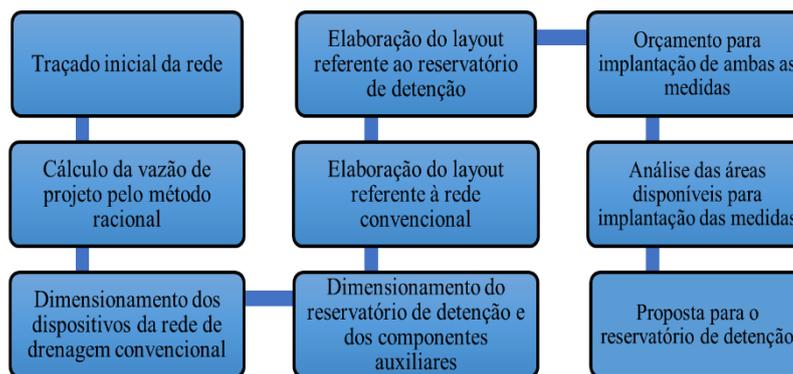


Figura 18: Fluxograma com as etapas da metodologia
Fonte: Autor (2020)

3.2 Traçado Inicial e Estimativa da Vazão de Projeto

Com o auxílio do Google Earth Pro foi delimitado o traçado inicial da rede de drenagem, subdividindo em trechos, estimando as respectivas áreas que contribuem para esses, a fim de calcular a vazão de projeto. O desenho da rede com mais detalhes, incluindo por exemplo, a localização dos dispositivos e o perfil dos mesmos, foi feito no software Autodesk Autocad Versão de Estudante, tendo como base o mapa do IF Goiano Campus Rio Verde

Para o traçado da rede, devem ser obedecidos os critérios propostos por Cardoso Neto (2020, p. 13), os quais são:

- A rede coletora deve ser lançada em planta baixa de escala 1:1.000 ou 1:2.000, de acordo com as condições naturais de escoamento.
- As áreas contribuintes de cada trecho das galerias, entre 2 poços de visita consecutivos e os divisores das bacias devem ser assinalados de maneira adequada e conveniente nas plantas
- Os trechos nos quais o escoamento ocorre exclusivamente pelas sarjetas devem ser identificados por meio de setas.
- Sempre que for possível, as galerias devem ser situadas sob os passeios.
- É permitido que em uma determinada via pública, o sistema coletor seja composto por uma rede única ligada às bocas de lobo de ambos os passeios.
- Deve-se estabelecer a solução economicamente mais viável, sempre que possível.

A vazão de projeto (q) em m^3/s foi calculada pelo método racional, o qual de acordo com Carvalho e Silva (2006b) depende basicamente de três variáveis: área de contribuição da bacia (A), intensidade pluviométrica (I), e o coeficiente de escoamento superficial (C). A área de contribuição da bacia admite valores de até 80 ha, a intensidade, em mm/h , provém dos dados hidrológicos, e o coeficiente dependerá da superfície de análise. Esse método apresenta limitações quanto a não consideração de diferentes superfícies que formam a bacia para escolha do coeficiente, além da supressão da quantidade de água gerada nos períodos de cheia. Para esse cálculo utiliza-se a equação 16.

$$\text{Equação 16: } q = \frac{C.I.A}{360}$$

Foi feita a estimativa da precipitação máxima que abrange a área de estudo. Nesse caso os dados hidrológicos utilizados são referentes a cidade de Rio Verde/GO, ou para o caso de não existir os dados hidrológicos para Rio Verde/GO, utiliza-se dados referentes às cidades vizinhas. Para isso, segundo Azevedo Netto (1998), uma das fórmulas usada para o cálculo dessa precipitação, em mm/h, é apresentada na equação 17.

$$\text{Equação 17: } I = \frac{a \cdot T^n}{(t+b)^m}$$

As variáveis a, b, n e m são dependentes do local, onde é avaliada a precipitação, T é a recorrência e, t é a duração da precipitação (AZEVEDO NETTO, 1998).

Conforme Vasconcelos, Miguez e Vazquez (2016, p.656), “essas variáveis a, b, n e m são coeficientes definidos de acordo com o posto pluviométrico que forneceu os dados para elaboração da curva IDF”.

A duração da precipitação, no método racional, pode ser igualada ao tempo de concentração, conforme recomendação de Miguez, Verol e Rezende (2016).

Logo é importante entender o tempo de concentração, o qual significa “ a duração da trajetória da partícula de água que demore mais tempo para atingir a seção definida como referência para estudo” (MIGUEZ, VEROL, REZENDE, 2016, p.31).

Para calcular o parâmetro t da equação 17, cuja unidade é minutos, Miguez, Verol e Rezende (2016) propõe a equação 18:

$$\text{Equação 18: } t = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Em que:

L é o comprimento do rio principal da bacia em Km.

H é o desnível entre o ponto mais alto da bacia e o exutório, em m.

3.3 Dimensionamento da Rede de Drenagem Convencional

Após a estimativa da vazão de projeto, e de posse do traçado da rede de drenagem, delimitando os trechos, com a locação das sarjetas junto as guias, das bocas de lobo, dos poços de visitas e das galerias, as quais ficam sob a via, foi possível então realizar o dimensionamento dos dispositivos de drenagem. Além disso, depois de dimensionados, foi possível fazer o desenho do perfil de alguns desses dispositivos, com o auxílio do software Autodesk Autocad Versão de Estudante.

3.3.1 Sarjeta

O dimensionamento desse dispositivo referiu-se à verificação de que se há uma superioridade da vazão que o mesmo suporta, com relação a vazão de projeto. Para determinar essa capacidade hidráulica, Miguez, Verol e Rezende (2016) descreve a equação 19.

$$\text{Equação 19: } Q = \frac{1}{n} \cdot (R)^{\frac{2}{3}} \cdot A \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q é a capacidade hidráulica da sarjeta em m³/s.

A é a seção transversal da sarjeta em m².

S é a declividade da via em m/m.

R é o raio hidráulico em m.

n é o coeficiente de Manning.

“No caso de vias com menos de 10 metros de largura, a declividade é fixada em 3%, e normalmente, devido à dimensão mais comum de guias de 15 cm, o nível de água máximo na sarjeta pode ser adotado de 0,13 m” (AZEVEDO NETTO, 1998, p.546).

O coeficiente de Manning para concreto rústico segundo Azevedo Netto (1998) é de 0,016. Já para vias públicas, Cardoso Neto (2020) diz que é de 0,0167.

Para que o resultado encontrado possa se assemelhar ainda mais com o que acontece com a realidade, é recomendável aplicar um fator de redução para o escoamento que a sarjeta suporta, que pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4: Fator de redução do escoamento da sarjeta

Fator de redução do escoamento na sarjeta	
Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,5
1-3	0,5
5,0	0,5
6,0	0,4
8,0	0,27
10	0,2

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

3.3.2 Bocas de lobo

Tucci (2001) descreve os tipos de bocas de lobo que podem ser utilizadas numa rede de drenagem, as quais são boca de guia, de grelha e combinados. O modelo de boca de lobo

adotado foi o que apresenta uma abertura na guia, logo o tipo boca de lobo de guia. Para esse caso a altura da lâmina d'água que se concentra no dispositivo foi um diferencial para determinar qual equação utilizar no cálculo da capacidade de engolimento. Pois caso a altura da lâmina de água seja menor que a abertura na guia, Tucci (2001) diz que deve-se usar a equação 20:

$$\text{Equação 20: } Q = 1,7.L.y^{\frac{3}{2}}$$

Em que:

Q é a vazão em m³/s.

L é o comprimento da soleira em m.

y é a altura da água próxima a abertura da guia em m.

Já para o caso de que se a altura da lâmina d'água for o dobro da abertura na guia, Tucci (2001) recomenda o uso da equação 21:

$$\text{Equação 21: } Q = 3,01.L.h^{\frac{3}{2}} . \left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q é a vazão em m³/s.

L é o comprimento da abertura em m.

h é a altura da guia em m.

y₁ é a carga de abertura da guia em m (y₁= y – h/2).

Acontece com as bocas de lobo a mesma situação que as sarjetas, recomenda-se aplicar um fator de redução do escoamento, no entanto para esse dispositivo, o uso desse fator segundo Cardoso Neto (2020, p.18), justifica-se pela “obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas”. Na tabela 5 tem-se os fatores para serem aplicados.

Tabela 5: Fator de redução do escoamento na boca de lobo

Fator de redução do escoamento na boca de lobo		
Localização na sarjeta	Tipos de Boca de Lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais	50
	Combinadas (grelha longitudinal)	66
	Combinadas (grelha com barras transversais)	55

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

3.3.3 Galeria pluvial

Primeiramente, deve-se considerar as restrições que são inerentes ao dimensionamento desse dispositivo, pois Azevedo Netto (1998, p.549) “considera que o tempo de concentração e a duração da chuva são iguais, a intensidade permanece constante durante a chuva, a impermeabilidade da superfície é inalterada, e o escoamento é em conduto livre, em regime permanente e uniforme”.

Além disso, no quadro 5 estão os critérios que devem ser seguidos para o cálculo das galerias.

Quadro 5: Critérios para o dimensionamento de galerias

Critério	Limite
Seções circulares	Diâmetro mínimo de 300 mm.
Seções retangulares	Altura mínima de 0,5 m.
Seções circulares	Dimensionamento à seção plena ou $y = 0,95.D$, sendo D o diâmetro.
Seção retangular	Altura mínima livre de $0,10.H$, sendo H a altura.
Velocidade mínima (m/s)	0,75 m/s
Velocidade máxima (m/s)	5 m/s
Declividade	Igual à do terreno, no entanto recobrimento mínimo de 1 m e profundidade máxima de 3,5 m.
Diâmetros	Não devem diminuir da montante para jusante.
Mudança de diâmetro	Geratrizes internas devem estar alinhadas.

Fonte: Azevedo Netto (1998)

Depois disso, para encontrar o diâmetro do dispositivo foi usada a equação de Manning, (equação 22), adotando uma altura de lâmina d'água de 90% do diâmetro da galeria.

$$\text{Equação 22: } D = 1,511 \cdot \left(n \cdot Q \cdot I^{-\frac{1}{2}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Em que:

D é o diâmetro em m.

n é o coeficiente de Manning.

Q é a vazão em m³/s.

I é a declividade da galeria em m/m.

A declividade pode ser calculada para o trecho, de acordo com Toledo/PR (2017) por meio da equação 23. Já a declividade mínima, conforme a NBR 9649 (1986), pode ser calculada pela equação 24.

$$\text{Equação 23: } I = \frac{\text{Cota A} - \text{Cota B}}{\text{Comprimento do trecho}}$$

$$\text{Equação 24: } I_{\text{mín}} = 0,0055 \cdot Qi^{-0,47}$$

Em que:

I é a declividade do trecho em m/m.

Imín é a declividade mínima, em m/m.

Qi é a vazão inicial, em l/s.

Após isso, com o diâmetro determinado, foram encontradas a vazão e velocidade a seção plena, com as equações 25 e 26 respectivamente:

$$\text{Equação 25: } Q_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Equação 26: } v_p = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Qp é a vazão a seção plena em m³/s.

vp é a velocidade a seção plena em m/s

n é o coeficiente de Manning.

D é o diâmetro em m.

I é a declividade da galeria em m/m.

O coeficiente de Manning pode ser determinado por meio da tabela 6.

Tabela 6: Coeficiente de rugosidade de Manning

Características	n
Canais retilíneos com gramas de até 15 cm de altura	0,3-0,4
Canais retilíneos com gramas de até 30 cm de altura	0,3-0,06
Galerias de concreto pré-moldado com bom acabamento	0,011-0,014
Galerias de concreto moldadas em loco com formas metálicas simples	0,012-0,014
Galerias de concreto moldadas em loco com formas de madeira	0,015-0,020

Fonte: Adaptado Toledo/PR (2017)

Com o valor da vazão de projeto e da vazão de seção plena, determinou-se então uma razão, pela qual encontrou-se na figura 18, a relação entre a velocidade real e a velocidade a seção plena, e a relação de três parâmetros com diâmetro, esses parâmetros são: raio hidráulico, área molhada e altura da lâmina d'água. Com esses dados pode-se fazer por exemplo a

verificação quanto às velocidades máxima e mínima. Caso essa verificação não atenda aos critérios, recomenda-se alterar o diâmetro ou a declividade.

y/d	R/d	A/d^2	v/v_p	Q/Q_p	y/d	R/d	A/d^2	v/v_p	Q/Q_p
0,01	0,0066	0,0013	0,0890	0,00015	0,51	0,2531	0,4027	1,0084	0,51702
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,52	0,2562	0,4127	1,0165	0,53411
0,03	0,0197	0,0069	0,1839	0,00161	0,53	0,2592	0,4227	1,0243	0,55127
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,54	0,2621	0,4327	1,0320	0,56847
0,05	0,0326	0,0147	0,2569	0,00480	0,55	0,2649	0,4426	1,0393	0,58571
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00708	0,56	0,2676	0,4526	1,0464	0,60296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00983	0,57	0,2703	0,4625	1,0533	0,62022
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,58	0,2728	0,4724	1,0599	0,63746
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,59	0,2753	0,4822	1,0663	0,65467
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,60	0,2776	0,4920	1,0724	0,67184
0,11	0,0695	0,0470	0,4260	0,02550	0,61	0,2799	0,5018	1,0783	0,68895
0,12	0,0755	0,0534	0,4499	0,03058	0,62	0,2821	0,5115	1,0839	0,70597
0,13	0,0813	0,0600	0,4730	0,03613	0,63	0,2842	0,5212	1,0893	0,72290
0,14	0,0871	0,0668	0,4953	0,04214	0,64	0,2862	0,5308	1,0944	0,73972
0,15	0,0929	0,0739	0,5168	0,04861	0,65	0,2881	0,5404	1,0993	0,75641
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,66	0,2900	0,5499	1,1039	0,77295
0,17	0,1042	0,0885	0,5578	0,06288	0,67	0,2917	0,5594	1,1083	0,78932
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,68	0,2933	0,5687	1,1124	0,80551
0,19	0,1152	0,1039	0,5965	0,07891	0,69	0,2948	0,5780	1,1162	0,82149
0,20	0,1206	0,1118	0,6150	0,08757	0,70	0,2962	0,5872	1,1198	0,83724
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,71	0,2975	0,5964	1,1231	0,85275
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,72	0,2987	0,6054	1,1261	0,86799
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,73	0,2998	0,6143	1,1288	0,88294
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,74	0,3008	0,6231	1,1313	0,89758
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,75	0,3017	0,6319	1,1335	0,91188
0,26	0,1516	0,1623	0,7165	0,14803	0,76	0,3024	0,6405	1,1354	0,92582
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,77	0,3031	0,6489	1,1369	0,93938
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,78	0,3036	0,6573	1,1382	0,95253
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,79	0,3039	0,6655	1,1391	0,96523
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,80	0,3042	0,6736	1,1397	0,97747
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,81	0,3043	0,6815	1,1400	0,98921
0,32	0,1802	0,2167	0,8038	0,22175	0,82	0,3043	0,6893	1,1399	1,00041
0,33	0,1847	0,2260	0,8172	0,23518	0,83	0,3041	0,6969	1,1395	1,01104
0,34	0,1891	0,2355	0,8302	0,24892	0,84	0,3038	0,7043	1,1387	1,02107
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,85	0,3033	0,7115	1,1374	1,03044
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,86	0,3026	0,7186	1,1358	1,03913
0,37	0,2020	0,2642	0,8675	0,29180	0,87	0,3018	0,7254	1,1337	1,04706
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,88	0,3007	0,7320	1,1311	1,05420
0,39	0,2102	0,2836	0,8909	0,32169	0,89	0,2995	0,7384	1,1280	1,06047
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,90	0,2980	0,7445	1,1243	1,06580
0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250	0,91	0,2963	0,7504	1,1200	1,07011
0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823	0,92	0,2944	0,7560	1,1151	1,07328
0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415	0,93	0,2921	0,7612	1,1093	1,07520
0,44	0,2295	0,3328	0,9445	0,40025	0,94	0,2895	0,7662	1,1027	1,07568
0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653	0,95	0,2865	0,7707	1,0950	1,07452
0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296	0,96	0,2829	0,7749	1,0859	1,07138
0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954	0,97	0,2787	0,7785	1,0751	1,06575
0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624	0,98	0,2735	0,7816	1,0618	1,05669
0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307	0,99	0,2666	0,7841	1,0437	1,04196
0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000	1,00	0,2500	0,7854	1,0000	1,00000

Figura 19: Condutos circulares parcialmente cheios, relações baseadas na equação de Manning.
Fonte: Azevedo Netto (1998)

Para sintetizar esse processo de dimensionamento das galerias foi elaborada uma planilha no software Microsoft Excel, para que sejam transcritos os trechos, e suas respectivas áreas obtidos no Google Earth Pro, e também a vazão calculada. Essa planilha contém também as cotas do terreno, as quais foram obtidas por meio do mesmo software, as cotas a montante, a jusante e a profundidade da galeria, além da declividade, diâmetro, raio hidráulico e área

molhada. Foram feitas também as verificações necessárias, como de velocidades e da relação y/D .

3.3.4 Poço de visita (PV)

A NBR 9649/1986 sobre Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário traz algumas orientações sobre as dimensões a serem adotadas para o PV, como diâmetro mínimo de 60 cm para o tampão e dimensão mínima em planta para a câmara de 80 cm. Além disso, caso se tenha um coletor afluyente com degrau superior a 50 cm deve ser feito um tubo de queda. Os poços de visita devem possuir calhas que direcionarão a água para a saída do mesmo.

Na tabela 7 há o espaçamento recomendado para os poços de visita, baseando-se no diâmetro ou altura do conduto:

Tabela 7: Espaçamento entre poços de visita

Diâmetro ou altura do conduto em m.	0,3	0,5-0,9	1 ou mais
Espaçamento em m.	120	150	180

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

“Quando deseja-se fazer a conexão da boca de lobo com o poço de visita por meio da tubulação de ligação, mas o PV já está com o máximo de conexões possíveis, recorre-se então as caixas de ligação, as quais também proporcionam a ligação da boca de lobo com a rede” (AZEVEDO NETTO, 1998, p.548).

3.4 Dimensionamento do Reservatório de Detenção

Para o dimensionamento preliminar do reservatório, foi utilizada a fórmula do método racional (equação 27) descrita por Tomaz (2010), pois a área de estudo é menor que 3 km², com isso foi possível encontrar o volume do dispositivo.

Para isso, primeiramente foram encontradas as vazões em dois diferentes cenários: pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento. O que vai diferir o cálculo dessas vazões será o coeficiente de escoamento adotado para cada caso, de acordo com a tabela 2.

No cenário pré-desenvolvimento, foi utilizado 0,2 para esse coeficiente, pois observando a figura 14, nota-se presença considerável de vegetação. Logo foi adotado esse valor para o coeficiente pois pode referir-se tanto para terrenos descampados quanto para parques, jardins e campinas. Já para o cenário pós-desenvolvimento, foi considerado um

coeficiente de 0,8, pois esse valor encontra-se tanto no intervalo para quando for telhados quanto para o intervalo referente às superfícies pavimentadas e paralelepípedos.

$$\text{Equação 27: } V_s = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times t_b \times 60$$

Em que:

V_s é o volume do reservatório em m^3 .

$Q_{pós}$ é a vazão de pico no pós-desenvolvimento em m^3/s .

$Q_{pré}$ é a vazão de pico no pós-desenvolvimento em m^3/s .

t_b é $3 \times t_c$ em min.

t_c é o tempo de concentração (min).

Como dispositivo de saída do reservatório foi adotado o vertedor retangular de parede espessa, o qual segundo Tomaz (2010), pode ser calculado pela equação 28:

$$\text{Equação 28: } Q = 1,55 \times L \times H^{\frac{1}{2}}$$

Nesse caso:

Q é a vazão em m^3/s .

L é a largura do vertedor retangular em metros.

H é a altura do vertedor a contar da soleira, também em metros.

Para calcular o diâmetro da tubulação de saída, será utilizada a equação 29, considerando a seção plena:

$$\text{Equação 29: } D = \left(\frac{Q \cdot n}{0,310 \cdot S^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Sendo que:

D é o diâmetro da tubulação em m.

Q é a vazão total específica em m^3/s .

S é a declividade da tubulação em m/m.

n é o coeficiente de rugosidade, que será de 0,015, considerando como material o concreto.

Outro fator que foi calculado é qual a quantidade de sedimentos que se encontra no reservatório por ano. Para isso deve ser multiplicada uma taxa de $10 m^3/ha$, sugerida por Tomaz (2010), pela área de drenagem em ha. Com isso a quantidade de sedimentos produzida anualmente em m^3 foi encontrada.

Em sequência, foi calculado o tempo de esvaziamento desse reservatório. Para isso, Tomaz (2010) traz algumas orientações, como a delimitação de um intervalo de tempo recomendável, entre 24 e 72 horas para o esvaziamento desse dispositivo. Pois obedecendo esse período evita-se surgimento de animais indesejados, além de proporcionar uma água pluvial

com condições melhores. Outro ponto é que Tomaz (2010, p. 85) diz que “o diâmetro mínimo do orifício de esvaziamento é de 75 mm para evitar entupimentos, com garantia de proteção para o mesmo”. Como o reservatório apresentará seção transversal constante, a equação 30 permite calcular o tempo de esvaziamento para essa situação:

$$\text{Equação 30: } t = [2. \text{ As. } (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [\text{Cd.Ao.}(2g^{0,5})]$$

Em que:

Ao é área da seção transversal do orifício, em m².

Cd é o coeficiente de descarga, cujo valor é 0,62.

As é a área da seção transversal do reservatório na profundidade y, em m².

t é o tempo de esvaziamento em segundos.

y₁ é a altura da água no início, em m.

y₂ é a altura do nível de água no fim, em m.

g é a aceleração da gravidade, em m/s².

Depois de dimensionado o dispositivo, fez-se o desenho do perfil do mesmo com o auxílio do software Autodesk Revit Versão de Estudante, indicando inclusive a tubulação de saída.

3.5 Orçamento e Viabilidade de Áreas de Implantação

De posse das dimensões dos dispositivos, e do reservatório de detenção, além de atentar-se para a necessidade de efetuação de obras, como escavações, concretagem, foi possível então realizar o orçamento tanto para a implantação da rede tradicional de drenagem, quanto para o reservatório. Para isso, foi utilizada a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices) elaborada pela Caixa Econômica Federal. Essa tabela traz referências sobre preço de insumos e custo sobre a composição de variados serviços. Através dela, foi avaliada a composição dos serviços necessários para execução das técnicas de drenagem, e por meio dos custos unitários e do quantitativo requerido para distintas etapas da execução, foi calculado o custo total para a implantação de ambas as técnicas.

Com relação à viabilidade de áreas de implantação, analisou-se pela estrutura existente no IF Goiano Campus Rio Verde, o espaço disponível para que sejam instalados tanto a rede convencional quanto o reservatório de detenção.

3.6 Propostas Para o Reservatório de Detenção

Por fim, foi proposto para a água presente no reservatório uma destinação, seja essa para a rede de esgoto presente na instituição, seja para outros fins como reaproveitamento da mesma

para atividades que não requerem uma potabilidade alta. Além disso, o próprio reservatório, em período de seca, ficaria inutilizado. Para essa situação, sugeriu-se outras funcionalidades para o mesmo, a fim de que esse não permaneça em ociosidade por um longo período de tempo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Traçado Delimitado da Rede

A priori, definiu-se o traçado da rede de drenagem atentando-se para os critérios de locação inerentes a cada dispositivo, conforme ANEXO A. Subdividiu-se a rede em duas partes, a primeira parte engloba os trechos referentes aos poços de visita 1,2,3,6,9,10,11 e 12, nesse caso ocorre o deságue na rede da via pública Sul Goiana. Já a segunda parte, abrange os trechos referentes aos poços de visita 4,5,7,8 e do 13 ao 27, desaguando na via pública, Rua do Pequi. As galerias foram locadas em grande parte nas vias públicas, excetuando-se no trecho final para o deságue na Rua do Pequi. Preferiu-se instalar as galerias nas vias pois em alguns locais do traçado, não há passeio, conseqüentemente, deu-se preferência para tubulação única. As bocas de lobo foram locadas nos cruzamentos, em locais mais baixos, e em alguns pontos intermediários. Os poços de visitas foram colocados em locais onde inicia-se a galeria, em locais onde ocorrem mudanças de direção e/ou de diâmetro da galeria, respeitando os espaçamentos máximos expostos na tabela 7. Nos pontos onde não foi possível fazer a conexão da boca de lobo com o poço de visita ou que a boca de lobo estava num ponto intermediário, utilizou-se as caixas de ligação. Foram utilizadas setas para indicar o fluxo da água pela rede.

Com relação ao fluxo da água, comparando-se as cotas presentes numa parte do levantamento planialtimétrico do IF Goiano - Campus Rio Verde (ANEXO B) com as cotas fornecidas pelo Google Earth Pro, ambos os casos indicam que as cotas são decrescentes à medida que se orienta da extremidade superior para a extremidade inferior da área de estudo delimitada (figura 16), provocando um fluxo que provém da parte superior para parte inferior dentro da área. Ressalta-se que o levantamento planialtimétrico do IF Goiano - Campus Rio Verde não apresenta as edificações construídas na instituição mais recentemente.

4.2 Cálculo da Precipitação

Para o cálculo da precipitação máxima, definiu-se primeiro o tempo de concentração, através da equação 18, em que, com o auxílio do Google Earth Pro, o comprimento foi aferido do ponto mais alto (761 m) até ao ponto mais baixo (747 m), dentro da área de estudo delimitada. O valor encontrado para o tempo de concentração pode ser visto na tabela.

Tabela 8: Tempo de concentração

Cálculo tempo de concentração	
(min)	
L (Km)	0,84
Δh (m)	14
tc	17

Fonte: Autor (2020)

Após isso, calculou-se então o valor da intensidade da precipitação por meio da equação 17. Para as variáveis que dependem da estação meteorológica (a, b, m, n), foi utilizada como base os valores encontrados por (OLIVEIRA et al., 2005) para a cidade de Quirinópolis/GO, devido à proximidade com Rio Verde/GO. O período de retorno foi adotado conforme tabela 1, para edifícios de serviço público. Na tabela 9, tem-se o valor encontrado para a precipitação.

Tabela 9: Valor da intensidade da precipitação

Cálculo da intensidade da precipitação (mm/h)	
a	1050,026
b	12
m	0,7599
n	0,145
t (min)	17
Tr (anos)	5
I (mm/h)	102,98

Fonte: Autor (2020)

4.3 Cálculo da Vazão

De posse do valor da precipitação, subdividiu-se então a área de estudo em 18 sub-áreas, conforme figura 20, para que pudesse ser efetuado o cálculo da vazão, por meio da equação 16. O coeficiente de escoamento adotado foi de 0,8 de acordo com a tabela 2, esse valor encontra-se tanto no intervalo referente a superfície pavimentada e paralelepípedos, quanto para telhados. Os valores das sub-áreas foram encontrados por meio do Google Earth Pro, em hectare. Percebeu-se então que analisando os parâmetros da equação, quanto maior foi a sub-área, maior a vazão gerada. Além disso, ressalta-se que pela limitação do método racional de considerar o coeficiente de escoamento de maneira uniforme para toda área, as interferências no cálculo da vazão devido à diferentes superfícies que possam compor a área, ficam suprimidas.

Na tabela 10, encontra-se as vazões referentes as respectivas sub-áreas.



Figura 20: Subdivisão da área de estudo
Fonte: Google Earth Pro (2020)

Tabela 10: Vazões resultantes de cada sub-área

Vazão devido a cada área de contribuição (m ³ /s)				
	Vazão		A (ha)	C
Q1	0,071	A1	0,31	0,8
Q2	0,133	A2	0,58	0,8
Q3	0,027	A3	0,12	0,8
Q4	0,124	A4	0,54	0,8
Q5	0,103	A5	0,45	0,8
Q6	0,098	A6	0,43	0,8
Q7	0,082	A7	0,36	0,8
Q8	0,062	A8	0,27	0,8
Q9	0,391	A9	1,71	0,8
Q10	0,137	A10	0,6	0,8
Q11	0,286	A11	1,25	0,8
Q12	0,098	A12	0,43	0,8
Q13	0,288	A13	1,26	0,8
Q14	0,252	A14	1,1	0,8
Q15	0,176	A15	0,77	0,8
Q16	0,222	A16	0,97	0,8
Q17	0,057	A17	0,25	0,8
Q18	0,043	A18	0,19	0,8

Fonte: Autor (2020)

4.4 Cálculo da Sarjeta e Boca de Lobo

Para as sarjetas, delimitou-se trechos para que fosse verificada em ambos os lados da via pública, se o dispositivo suportaria a vazão atuante no mesmo. No ANEXO C, tem-se a planilha contendo o dimensionamento do dispositivo, o qual apresenta um nível máximo de água de 13 cm, declividade de 3% e coeficiente de Manning de 0,0167. Nessa planilha, estão as vazões atuantes em cada trecho, a área e perímetro da sarjeta, a velocidade do escoamento na sarjeta, o cálculo da vazão suportada pelo dispositivo, conforme equação 19, o fator de redução do escoamento, conforme tabela 4, a vazão suportada pelo dispositivo com o fator aplicado, além da verificação em si.

Segundo Tucci (2001), a sarjeta deve apresentar uma capacidade de condução hidráulica suficiente para suportar as vazões atuantes, diminuindo então as chances de acontecer problemas como alagamentos e erosão do pavimento. Esse raciocínio foi corroborado após realizar o dimensionamento das sarjetas, pois os dispositivos suportaram as vazões que lhes competiam transportar. Em alguns pontos, não há sarjeta em um dos lados da via, por isso que na planilha, não houve representação.

Por meio de uma planilha, a qual encontra-se no ANEXO D, verificou-se que as bocas de lobo suportaram a vazão que lhes caberiam drenar, já que conforme Cardoso Neto (2020), a capacidade de engolimento do dispositivo foi suficiente para a água acumulada no mesmo. Além disso, observou-se que a altura da lâmina d'água foi menor que a abertura do dispositivo. Nessa planilha, há todas as bocas de lobo com seus respectivos comprimentos de soleira, a vazão que cada uma deve drenar, além da vazão suportada que representa a capacidade de engolimento de cada uma. Como a altura da lâmina d'água foi menor que a abertura na guia, adotou-se somente a equação 20, para o cálculo dessa vazão suportada. A abertura adotada do dispositivo foi de 13 cm. Além disso, foi aplicado o fator de redução da vazão suportada pela boca de lobo, cujo valor é dado pela tabela 5. Estão apresentados no ANEXO D também o valor da altura da lâmina d'água, que foi calculada pela mesma equação 20, no entanto, adotando a vazão que deve ser drenada.

Foram necessárias 80 bocas de lobo, seguindo os critérios de disposição das mesmas no traçado da rede. Além disso, somente uma, a BL 55, requereu um comprimento de soleira maior (1,4 m), pois não suportaria a vazão a ser drenada, o restante apresentou um padrão no comprimento da soleira de 1,2 m. No ANEXO I, encontra-se a representação desse dispositivo e da caixa de ligação.

4.5 Cálculo da Galeria

A partir do traçado da rede, identificou-se os trechos entre os poços de visita e com o auxílio do Google Earth Pro foi possível medir as extensões e cotas de cada trecho. Com isso, calculou-se por meio das equações 23 e 24, as declividades do trecho e mínima, para que pudesse então ser adotada uma declividade para o cálculo do diâmetro da galeria.

As vazões que cada galeria é responsável por transportar foram resultantes das vazões provenientes das bocas de lobo que se ligam à galeria em questão. Foi necessário observar que de acordo com o sentido do fluxo da água, num determinado trecho, a vazão da galeria representava a vazão do trecho a montante acrescida da vazão das bocas de lobo.

Para o cálculo do diâmetro então, aplicou-se a equação 22, e descobriu-se o valor requerido, após isso, foi adotado um diâmetro que está em conformidade com a NBR 12266/1992. De posse desse diâmetro, foi calculada a vazão e velocidade da seção plena por meio das equações 25 e 26. Após isso, fez-se a razão entre a vazão atuante na galeria e a vazão da seção plena e por meio da figura 29, descobriu-se a relação y/D , e a razão entre a velocidade da água na galeria e a velocidade da seção plena. Por meio dessa razão entre as velocidades e com a velocidade da seção plena já calculada, obteve-se a velocidade da água na galeria, e foi verificado então se há o enquadramento nos limites estabelecidos pelo quadro 5. Além disso, com essa mesma velocidade e com a extensão do trecho, calculou-se o tempo de percurso. Foi analisado também se todos os trechos mantiveram uma relação y/D menor que 0,75 conforme a NBR 9649/1986, e obedecido esse raciocínio, calculou-se a altura da lâmina d'água na galeria.

O recobrimento do conduto adotado foi de 1 m, conforme o que foi estabelecido pelo quadro 5. A profundidade do conduto foi calculada subtraindo a cota do terreno pela cota do conduto conforme Azevedo Netto (1998). No ANEXO E, encontra-se a planilha de dimensionamento da galeria, já no ANEXO I, há a representação dos perfis do dispositivo.

Nota-se que, à medida que a água vai acumulando de um trecho a montante para um trecho a jusante, num dado momento, é necessário um aumento do diâmetro da tubulação da galeria. Além disso, quando se obteve os maiores diâmetros da galeria foi necessário reduzir a declividade para que pudesse ser obedecido o critério da velocidade máxima da água de 5 m/s.

4.6 Cálculo do Reservatório de Detenção

Aplicando-se a equação 16, foi possível descobrir a vazão para o cenário de pré-urbanização e pós-urbanização. Após isso encontrou-se então o volume do reservatório por meio da equação 27. O valor da variável t_b presente na equação 27, foi descoberto multiplicando o valor do tempo de concentração obtido pela tabela 8 por três. Além disso, o

reservatório apresenta seção retangular, logo a partir do seu volume, foram descobertas suas dimensões. Na tabela 11, estão apresentados os valores das vazões, do volume, do t_b e das dimensões do reservatório.

Tabela 11: Propriedades do reservatório de detenção

PROPRIEDADES DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO	
Q pré-urbanização (m³/s)	0,66
Q pós-urbanização (m³/s)	2,65
t_b (min)	51
Volume (m³)	3023,05
Volume adotado (m³)	3080
Altura do reservatório (m)	5,00
Largura interna do reservatório (m)	22,00
Comprimento interno do reservatório (m)	28,00
Espessura da parede (m)	0,20
Largura total do reservatório (m)	22,40
Comprimento total do reservatório (m)	28,40

Fonte: Autor (2020)

Para definição das dimensões do reservatório, utilizou-se valores inteiros na parte interna para facilitar uma possível execução, além de obter um volume interno que ficasse o mais próximo do volume calculado pela equação 27. A altura foi adotada com objetivo de que não ocorresse uma grande diferença entre o comprimento e a largura do dispositivo.

Com relação ao vertedor de parede espessa, utilizou-se a equação 28. A vazão adotada foi a do cenário de pós-urbanização, com isso descobriu-se as dimensões do vertedor, como podem ser vistas na tabela 12.

Tabela 12: Dimensões do vertedor

VERTEDOR RETANGULAR DE PAREDE ESPESSA	
Q (m³/s)	2,65
Largura adotada (m)	1,2
Altura (m)	2,0
Altura adotada (m)	2,0

Fonte: Autor (2020)

A definição do diâmetro da tubulação de saída foi feita através da equação 29, a vazão utilizada também foi referente ao cenário de pós-urbanização, a declividade foi adotada conforme Tomaz (2010). O valor encontrado para o diâmetro pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13: Diâmetro da tubulação de saída

DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO DE SAÍDA	
Q (m³/s)	2,65
n	0,015
S (m/m)	0,03
Diâmetro calculado (m)	0,89
Diâmetro adotado (mm)	900

Fonte: Autor (2020)

Como a tubulação de saída será de concreto, o diâmetro adotado considerou a questão dos diâmetros comerciais existentes, logo adotou-se 900 mm. Esse diâmetro significativo deve-se ao reservatório poder armazenar um volume considerável de água pluvial, com cerca de 3080000 litros. Esse mesmo volume requer dimensões relevantes para o dispositivo, como pode ser visto na largura e comprimento do reservatório. Dito isso, percebeu-se uma expressiva discrepância entre a largura do vertedor de parede espessa e a largura do reservatório.

Por último, foi descoberta a quantidade de sedimentos gerados anualmente pelo reservatório (tabela 14), e o tempo de esvaziamento do mesmo (tabela 15), o qual foi calculado por meio da equação 30. Para definir esse tempo, foi necessário calcular a área da seção transversal, a área do vertedor, o y_1 foi considerado como a altura do próprio reservatório e y_2 foi considerado o raio da tubulação, conforme Tomaz (2010).

Tabela 14: Quantidade de sedimentos gerados anualmente

QUANTIDADE DE SEDIMENTOS (m³)	
A (ha)	11,6
Volume (m³)	116

Fonte: Autor (2020)

Tabela 15: Tempo de esvaziamento

TEMPO DE ESVAZIAMENTO	
Ao (m²)	0,03
Cd	0,62
As (m²)	616
y1 (m)	5
y2 (m)	0,45
t (s)	23406,22

Fonte: Autor (2020)

Realizando-se a conversão desse tempo de esvaziamento encontrado para horas, obtém-se aproximadamente 6,5 horas, logo é inferior ao padrão recomendável que varia entre 24 e 72 horas. Isso ocorre, pois, a área de estudo apresenta uma extensão menor quando comparado a bairros de grandes cidades por exemplo, logo o volume de água para ser armazenado no reservatório proveniente dessa área de estudo dentro da instituição será menor, culminando então num menor tempo de esvaziamento. Além disso, o diâmetro da tubulação de saída pode favorecer a um esvaziamento mais rápido do reservatório, já que o diâmetro mínimo requerido é de 75 mm, e o que foi utilizado é de 900 mm.

Essa analogia da extensão da área de estudo com a área de um bairro de grandes cidades, interfere também na produção de sedimentos anual pelo reservatório de detenção, já que como Tomaz (2010) recomenda aplicar uma taxa de 10 m³/ha para estimar a quantidade de sedimentos gerados anualmente, infere-se que quanto maior a área de estudo abordada, maior será a geração de sedimentos pelo reservatório de detenção. Tomaz (2010) diz que a destinação desses resíduos pode ser para aterros sanitários, já que não apresentam periculosidade, logo os resíduos são classificados como não-perigosos. No ANEXO I, há a representação do reservatório de detenção.

4.7 Orçamento Para Execução da Rede de Drenagem Convencional

As etapas consideradas para implantação da rede de drenagem convencional, foram sugeridas por (PAULA et al., 2017), e consistem em locação da rede, escavação, escoramento e preparo do fundo da vala, assentamento da tubulação, e reaterro da vala. Com essas etapas e os dispositivos inerentes às redes definidos, partiu-se então para o quantitativo. Para a locação da rede, somou-se o comprimento total das galerias. Com relação à escavação, iniciou-se com a definição das propriedades da vala e do tipo de escoramento (ANEXO F), baseando-se na NBR 12266/1992, a fim de que pudesse ser calculado o volume a ser escavado e reaterrado.

Além da definição do comprimento das tubulações e da quantidade de boca de lobo, poço de visita, caixa de ligação existentes na rede. Por último, com base nas tabelas SINAPI do mês de outubro de 2020, foi obtido o orçamento para implantação dessa medida com valor de R\$ 702103,35 como está apresentado no ANEXO G.

4.8 Orçamento Para Execução do Reservatório de Detenção

Para encontrar o custo do reservatório de detenção, foi necessário primeiro realizar o quantitativo para cada etapa referente a execução do dispositivo. A priori, calculou-se o volume a ser escavado e o volume do lastro de preparo de fundo, considerando uma espessura de 5 cm desse lastro, essa espessura foi adotada de acordo com o que a tabela SINAPI oferece. Depois disso, calculou-se o volume das paredes e da base do reservatório para obter a quantidade de concreto necessária. Para as fôrmas, verificou-se as áreas das paredes do reservatório, já para a armadura, multiplicou-se uma taxa de 100 Kg de aço para cada m³ de concreto, conforme Bastos (2011), para encontrar a quantidade de aço necessária.

Além disso, aferiu-se a distância entre a saída do reservatório e o local de deságue (rede pública da rodovia do Pequi), para obter o comprimento da tubulação de saída, e para que pudesse ser calculada o volume da vala a ser escavada e reaterrada para instalação da tubulação, essa distância resultou em 167 m. Para definição do volume de escavação da vala, baseou-se na NBR 12266/92, com isso obteve-se que a largura da vala é de 1,6 m; com o escoramento por pontaletes. A profundidade da vala foi adotada conforme a altura do reservatório, já que a tubulação de saída se encontra no fundo do mesmo, logo a profundidade resultou em 5 m. Com o quantitativo feito, e com base nas tabelas SINAPI do mês de outubro de 2020, foi obtido o orçamento para implantação do reservatório no valor de R\$ 421606,70. O quantitativo está apresentado na tabela 16 e o orçamento está no ANEXO H.

Tabela 16: Quantitativo do reservatório de detenção

QUANTITATIVO DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO		
Item	Valor	Fórmula utilizada
Volume escavado para implantação do reservatório (m³)	3180,8	Vescavado = Comprimento total x Largura total x Altura
Volume de concreto para as paredes do reservatório (m³)	100,8	Vconcreto = (Altura x Espessura da Parede x Comprimento Total x 2)+(Altura x Espessura da Parede x Largura Interna x 2)
Volume de concreto para a base do reservatório (m³)	127,23	Vconcretobase = Área da Base x Espessura do Piso
Área total de fôrma (m²)	1008	Somatório das áreas laterais das paredes do reservatório
Quantidade de armação (Kg)	22803,20	Quantidade = taxa de armadura (kg/m ³) x volume de concreto total (m ³)
Volume escavado e reaterado para a vala de assentamento da tubulação de saída (m³)	1336	Volume = Comprimento da tubulação x Largura da Vala x Profundidade da Vala
Escoramento da vala por pontaletes (m²)	2520	Área = Área lateral da vala x 2

Fonte: Autor (2020)

4.9 Análise Comparativa Entre os Orçamentos

Com os orçamentos definidos, percebeu-se que há uma discrepância no valor encontrado para implantação de ambas as medidas. Isso pode ser explicado pela complexidade e quantidade das obras necessárias, pois para implantar a rede requer escavação e reaterro de valas por exemplo, por todas as vias da instituição. Já o reservatório de detenção, como está localizado num ponto fixo requer obras como escavação e concretagem somente para um determinado local, por consequência em quantidades menores.

Outro ponto, é que ambas as medidas estão sendo analisadas de forma isolada, logo não foi considerado a integração das duas propostas atuando conjuntamente. Para o caso do reservatório, foi analisado somente a sua execução propriamente dita, atentando-se somente para a tubulação que encaminhará para o local de deságue.

4.10 Área Para Implantação de Ambas as Medidas

Para implantação da medida convencional não se tem grandes empecilhos, pois as vias existentes dentro da instituição apresentam guias, dessa forma facilita a instalação das bocas de

lobo. Com as vias existentes, tem-se as sarjetas, além de possibilitar a instalação das galerias, dos poços de visitas e das caixas de ligação.

Para o reservatório de detenção, com o auxílio do Google Earth Pro, percebe-se que local indicado pelo retângulo vermelho na figura 21 seria apropriado para a instalação desse, pois está num ponto mais baixo, favorecendo o escoamento da água pluvial para o dispositivo. Além disso pensando em um outro uso para esse reservatório, e na destinação da água pluvial reservada, essa localização será benéfica, pois está próxima às edificações, e apresenta dimensões suficientes para locar o dispositivo.



Figura 21: Local de implantação do reservatório de detenção
Fonte: Google Earth Pro (2020)

4.11 Alternativas Para o Reservatório de Detenção

Com relação, a água reservada, pode ser feita o seu reuso para irrigar as plantações presentes na instituição, ou pode ser feito um sistema que possibilite o reuso dessa, nos prédios da instituição adjacentes ao reservatório, para atividades que não requerem água potável. Pode ser utilizado também como um local para interação entre os estudantes, com assentos. Outro fim, pode ser para quando acontecer eventos dentro da instituição, esse local pode ser utilizado para apresentação de pôsteres por exemplo, pois o dispositivo apresenta dimensões favoráveis. Por último, pode ser feita somente a ligação do reservatório com a rede pública para que a água seja escoada. Importante ressaltar que quanto ao reaproveitamento da água pluvial, é necessário que seja retirado resíduos sólidos de tamanho consideráveis que possam ter sido carreados para o reservatório.

5 CONCLUSÃO

Conforme as análises orçamentárias, de área de implantação e de capacidade de drenagem, inferem-se que o reservatório de retenção, analisado de forma independente, apresenta-se com maior viabilidade de implantação na instituição, em comparação à medida tradicional de drenagem, pois apresenta menor custo, principalmente devido à necessidade por obras feitas em espaço mais concentrado, ao contrário das obras da rede tradicional, que são realizadas ao longo do traçado da rede. Além disso, o reservatório requer uma área fixa para sua implantação, diferindo da rede que percorre pelas vias. Essa área do reservatório ainda pode ser utilizada para outras funcionalidades, além de que o dispositivo pode armazenar um volume importante de água pluvial.

Ademais, pensando-se no reaproveitamento da água, o reservatório de retenção, torna-se mais aplicável do que a rede tradicional de drenagem, pelo fato da rede necessitar de um outro dispositivo que auxilie no reaproveitamento, retendo a água. Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se fazer o estudo dessa viabilidade utilizando esses mesmos aspectos orçamentários, capacidade de drenagem e área disponível de implantação, para outras alternativas sustentáveis como trincheiras de infiltração, pavimento permeável e poços de infiltração. Também, pode-se fazer uma análise de eficiência de drenagem urbana, utilizando o reservatório de retenção e a rede de drenagem convencional, atuando de forma conjunta.

6 REFERÊNCIAS

ABCP. **Reservatório de detenção.** Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

AGOSTINHO, M. de S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos sustainable urban drainage systems : devices. **Holos Environment**, v. 12, p. 121–131, 2012.

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulica.** 8. ed. São Paulo: Edgard Blusher LTDA, 1998.

BACELAR, F. **Sistemas de drenagem pluvial.** Disponível em: <<http://profmbacelar.blogspot.com/2013/02/micro-drenagem.html>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

BASTOS, P. S. S. **Disciplina: 2117- Estruturas de Cocreto I Notas de Aula Fundamentos do Concreto Armado,** 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diário [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 30 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Diário [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7>. Acesso em: 04 ago. 2020.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CAPUTO, Ú. K. **Avaliação do potencial de utilização de trincheiras de infiltração em espaços com urbanização consolidada/ estudo de caso do município de Belo Horizonte - MG.** 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - UFMG, Belo Horizonte, 2012.

CARDOSO NETO, A. **Sistemas Urbanos de Drenagem.** Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/xe/fetch.php?media=apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_cardoso_netto.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2020.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Precipitação. In: **Hidrologia.** Seropédica/RJ: UFRRJ, 2006a. p. 33–59.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Escoamento superficial. In: **Hidrologia.** Seropédica/RJ: UFRRJ, 2006b. p. 95–115.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. DOS S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana : da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde Debate**, v. 43, p. 94–108, 2019.

COELHO FILHO, J. A. P.; MELO, D. C. de R.; ARAÚJO, M. de L. M. Estudo de chuvas intensas para a cidade de Goiânia/GO por meio da modelação de eventos máximos anuais pela aplicação das distribuições de Gumbel e Generalizada de Valores Extremos. **Ambiência**, v. 13, n. 1, p. 75–88, 2017.

COSTA, G. B. et al. Pesquisa de graduação a serviço da responsabilidade social: educação ambiental através da introdução de telhados verdes para a drenagem urbana sustentável. In: **COBENGE**. 40. 2012, Belém-PA, Anais... COBENGE, 2012. p. 1-12.

DAS, B. M. Permeabilidade. In: **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 6. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. p. 123–156.

DAEE/CETESB. Drenagem Urbana 2a ed., São Paulo, 1980.

DNIT. **Drenagem - Sarjetas e valetas - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2004.

FARIA, V. **Galerias pluviais no Parque das Araras devem ser concluídas em 90 dias**. Disponível em: <<http://site.campoverde.mt.gov.br/2019/08/galerias-pluviais-no-parque-das-araras-devem-ser-concluidas-em-90-dias/>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

GOOGLE EARTH PRO. **Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2007**. Versão 7.3.3.7699. Google Earth Pro, 2020.

GOOGLE EARTH PRO. **Estrutura do IF Goiano Campus Rio Verde em 2020**. Versão 7.3.3.7699. Google Earth Pro, 2020.

GOOGLE EARTH PRO. **Área de estudo dentro da instituição**. Versão 7.3.3.7699. Google Earth Pro, 2020.

IBGE. **Áreas das manchas urbanizadas das concentrações com população de 100 mil a 300 mil habitantes**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

INMET. **Chuva acumulada mensal x Chuva (Normal Climatológica 61-90) Rio Verde (GO) – Para o ano: 2019**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em: 06 jun. 2020.

LIMA, V. C. G. D. R. **Análise Experimental e Numérica de Trincheiras de Infiltração em Meio Não Saturado**. 2009. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MARANGON, M. **Hidráulica dos solos**. Juiz de Fora/ MG, 2015.

MELLO, C. R. et al. Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 693–698, set. 2001.

MELO, G. M. I. de. **Dimensionamento de reservatórios de de retenção como controle do escoamento superficial na zona de expansão de Aracaju**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2016.

MENEZES FILHO, F. C. M. de.; COSTA, A. R. da. Verificação do dimensionamento das galerias de águas pluviais em uma sub-bacia do Córrego Botafogo na cidade de Goiânia-GO. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 1, p. 1–11, 2012.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

_____. **NBR 9649: Projetos de rede coletora de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

_____. **NBR 9814: Execução de rede coletora de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

_____. **NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

NUNES, M. **Dimensionamento de boca de lobo para drenagem urbana**. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-boca-de-lobo-para-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

OLIVEIRA, L. F. C. de; ANTONINI, J. C. D. A.; GRIEBELER, N. P. Estimativa de chuvas intensas para o Estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 22–33, 2008.

OLIVEIRA, L. F. C. de et al. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal 1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 13–18, 2005.

PAULA, J. S. de et al. Execução de obras de drenagem pluvial: princípios empregados na construção de redes de drenagem urbana. **Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico**, v. 3, p. 209–220, 2017.

PEITER, T. V.; POLETO, C. Estudos dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, p. 57–67, 2012.

PINTO, C. de S. A água no solo - permeabilidade, fluxo unidimensional e tensões de percolação. In: **Curso Básico Mecânica dos Solos**. 6. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 113-142.

POLETO, C.; TASSI, R. Sustainable Urban Drainage Systems. In: JAVAID, M. S. (Ed.). **Drainage Systems**. [s.l.] InTech, 2012. p. 55–72.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 79–90, 2014.

RIO VERDE. **LEI COMPLEMENTAR N. 5.318/2007 de 10 de setembro de 2007**. “Dispõe sobre o Plano Diretor e o Processo de Planejamento do Município de Rio Verde e dá outras providências”. Rio Verde, GO, 2007. 81 p.

RIO VERDE. **LEI Nº 3.635 de 03 de março de 1998**. Reformula o Código de Posturas do

Município de Rio Verde e dá outras providências. Rio Verde, GO, 1998. 65 p.

SILVA, C. S. da; A. S. Urbanização e inundação: conflitos e possibilidades. **Paisagem e ambiente**, p. 327–334, 2007.

SOBRINHO, P. A.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Epusp/PHD, 1999.

TEIXEIRA, Á. D. S.; NASCIMENTO, D. G.; MENDES, L. E. Estudo sobre as técnicas alternativas para drenagem urbana. In: **ASSEMAE**. 46. 2016, Jaraguá do Sul. Anais ... ASSEMAE, 2016. p. 1105–1110.

TOLEDO/PR. **Manual de Drenagem Urbana**, 2017.

TOMAZ, P. **Reservatórios**. Guarulhos/SP: [s.n.], 2010.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. p. 15–29, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed Universidade/UFRGS, 2001.

UFBA. **Capítulo 5 - Infiltração**. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/eudesarantes/disciplinas/hidrologia/Apostila-Cap5.pdf/at_download/file>. Acesso em: 25 mar. 2020a.

UFBA. **Escoamento superficial**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2020b.

UTFPR. **Chuvas Intensas**. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/eudesarantes/disciplinas/hidrologia/aula_5_intensa.pdf/at_download/file>. Acesso em: 23 mar. 2020.

VASCONCELLOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Eng Sanit Ambient**, p. 655–662, 2016.

VERGUTZ, L. A. A.; PEREIRA, C. E.; SCHMIDT, M. A. R. Análise da implantação de reservatórios de retenção de forma que sejam minimizados os impactos causados por inundações. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1267–1277, dez. 2019.

VIEIRA, R. H. S. DOS F. et al. Galerias pluviais como fonte de poluição de origem fecal para as praias de Fortaleza-Ceará. **Labomar**, v. 44, n. 2, p. 5–12, 2011.

ANEXOS

A – TRAÇADO DA REDE

B – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO IF GOIANO CAMPUS RIO VERDE

C – DIMENSIONAMENTO DA SARJETA

D – DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO

E – DIMENSIONAMENTO DA GALERIA

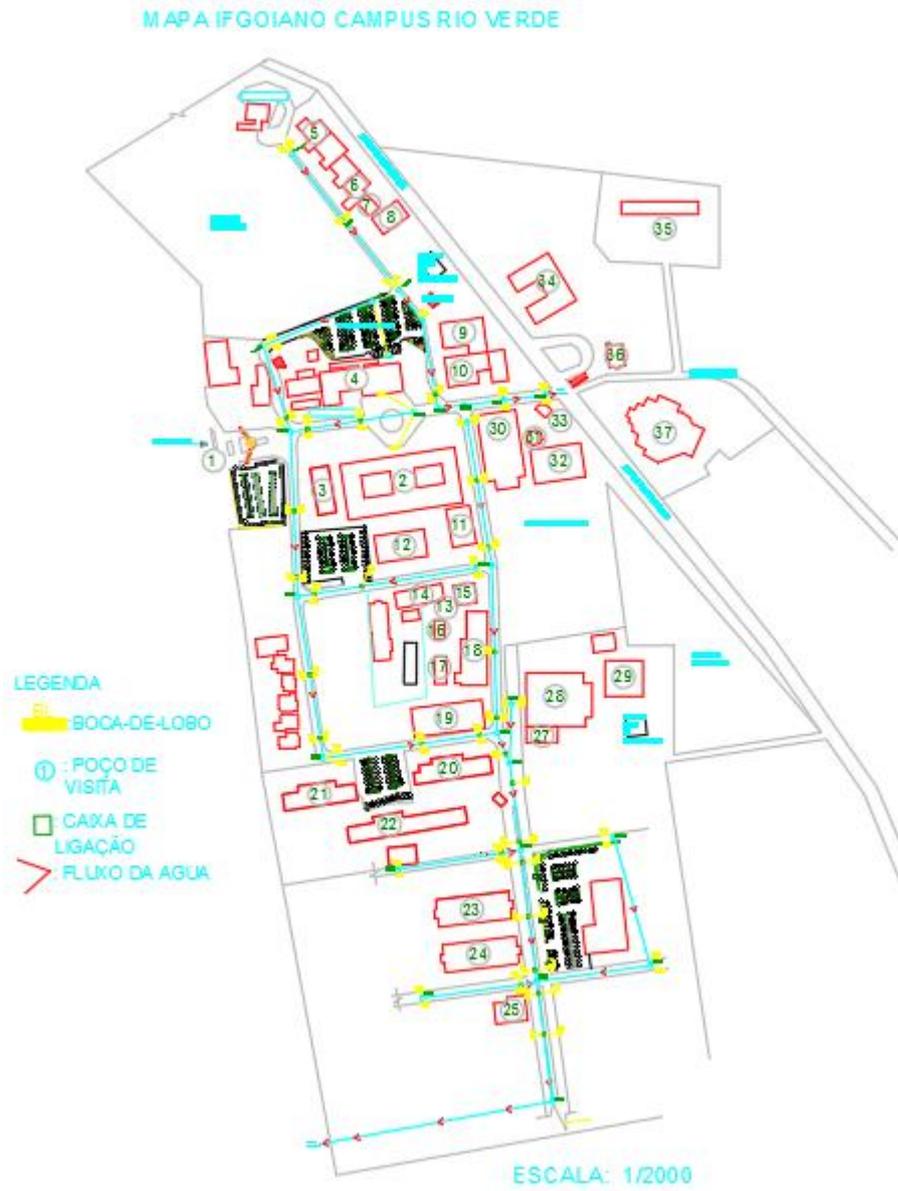
F – PROPRIEDADES DA VALA

G – ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DA REDE TRADICIONAL DE DRENAGEM

H – ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

I – PERFIS DOS DISPOSITIVOS

A – TRAÇADO DA REDE



Fonte: Autor (2020)

B – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO IF GOIANO CAMPUS RIO VERDE



Fonte: IF Goiano – Campus Rio Verde (2020)

C – DIMENSIONAMENTO DA SARJETA

DIMENSIONAMENTO DA SARJETA													
Trecho	Cota (m)		Vazão pluvial (m³/s)		Área da sarjeta (m²)	Perímetro da sarjeta (m)	Velocidade do escoamento na sarjeta (m/s)		Fator de redução do escoamento	Vazão suportada pela sarjeta (m³/s)	Vazão suportada pela sarjeta com fator de redução (m³/s)	Verificação	
			Lado esquerdo	Lado direito			Lado esquerdo	Lado direito				Lado esquerdo	Lado direito
1-2	761	758	0,052	0,052	0,281	4,46	0,18	0,18	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
2-3	758	755	0,017	0,017	0,281	4,46	0,06	0,06	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
3-5	755	755	0,008	0,015	0,281	4,46	.....	0,05	0,5	0,925	0,463	.....	Suporta
3-6	755	755	.....	0,007	0,281	4,46	.....	0,02	0,5	0,925	0,463	.....	Suporta
5-7	755	755	0,055	0,020	0,281	4,46	0,19	0,07	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
6-9	755	755	0,025	0,024	0,281	4,46	0,09	0,09	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
7-9	755	755	0,024	.....	0,281	4,46	0,09	.....	0,5	0,925	0,463	Suporta	.....
7-10	755	754	.....	0,048	0,281	4,46	.....	0,17	0,5	0,925	0,463	.....	Suporta
10-12	754	753	0,025	0,034	0,281	4,46	0,09	0,12	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
10-14	754	753	0,034	0,048	0,281	4,46	0,12	0,17	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
13-14	753	753	0,071	0,048	0,281	4,46	0,25	0,17	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
13-15	753	752	0,012	0,012	0,281	4,46	0,04	0,04	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
14-16	753	751	0,031	0,071	0,281	4,46	0,11	0,25	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
15-16	752	751	0,071	0,071	0,281	4,46	0,25	0,25	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
17-19	751	750	0,055	.....	0,281	4,46	0,19	.....	0,5	0,925	0,463	Suporta	.....
16-19	751	750	.....	0,071	0,281	4,46	.....	0,25	0,5	0,925	0,463	.....	Suporta
19-22	750	748	0,055	0,043	0,281	4,46	0,19	0,15	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
19-20	750	751	0,071	0,055	0,281	4,46	0,25	0,19	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
19-21	750	747	0,014	0,055	0,281	4,46	0,05	0,19	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
22-23	748	750	0,043	0,014	0,281	4,46	0,15	0,05	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta
22-24	748	747	0,055	0,011	0,281	4,46	0,19	0,04	0,5	0,925	0,463	Suporta	Suporta

Fonte: Autor (2020)

D – DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO

DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO								
Dispositivo	Vazão (m³/s)	Fator de redução do escoamento	Vazão suportada pela boca de lobo (m³/s)	Vazão suportada pela boca de lobo após fator de redução (m³/s)	Comprimento da soleira (m)	Altura da lâmina d'água calculada (m)	Verificação da vazão	Verificação da altura da lâmina
BL1	0,035	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL2	0,035	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL3	0,052	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,087	Suporta	Suporta
BL4	0,052	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,087	Suporta	Suporta
BL5	0,017	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,040	Suporta	Suporta
BL6	0,017	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,040	Suporta	Suporta
BL7	0,062	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,097	Suporta	Suporta
BL8	0,008	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,024	Suporta	Suporta
BL9	0,015	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,038	Suporta	Suporta
BL10	0,055	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,090	Suporta	Suporta
BL11	0,020	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,046	Suporta	Suporta
BL12	0,012	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,033	Suporta	Suporta
BL13	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL14	0,012	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,033	Suporta	Suporta
BL15	0,016	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,040	Suporta	Suporta
BL16	0,007	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,022	Suporta	Suporta
BL17	0,016	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,040	Suporta	Suporta
BL18	0,012	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,033	Suporta	Suporta
BL19	0,025	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,053	Suporta	Suporta
BL20	0,013	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,034	Suporta	Suporta
BL21	0,013	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,034	Suporta	Suporta
BL22	0,017	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,041	Suporta	Suporta
BL23	0,013	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,034	Suporta	Suporta
BL24	0,017	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,041	Suporta	Suporta
BL25	0,065	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,101	Suporta	Suporta
BL26	0,017	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,041	Suporta	Suporta
BL27	0,065	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,101	Suporta	Suporta
BL28	0,065	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,101	Suporta	Suporta
BL29	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL30	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL31	0,065	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,101	Suporta	Suporta
BL32	0,015	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,039	Suporta	Suporta
BL33	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL34	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL35	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL36	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL37	0,038	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,070	Suporta	Suporta
BL38	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL39	0,033	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,063	Suporta	Suporta
BL40	0,006	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,021	Suporta	Suporta
BL41	0,006	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,021	Suporta	Suporta
BL42	0,006	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,021	Suporta	Suporta
BL43	0,006	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,021	Suporta	Suporta
BL44	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL45	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL46	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL47	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL48	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL49	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL50	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL51	0,063	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,098	Suporta	Suporta
BL52	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,067	Suporta	Suporta
BL53	0,063	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,098	Suporta	Suporta
BL54	0,063	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,098	Suporta	Suporta
BL55	0,104	0,8	0,1116	0,089	1,4	0,124	Suporta	Suporta
BL56	0,063	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,098	Suporta	Suporta
BL57	0,072	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,108	Suporta	Suporta
BL58	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL59	0,036	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,068	Suporta	Suporta
BL60	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL61	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL62	0,015	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,037	Suporta	Suporta
BL63	0,031	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,062	Suporta	Suporta
BL64	0,028	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,057	Suporta	Suporta
BL65	0,063	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,098	Suporta	Suporta
BL66	0,055	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,090	Suporta	Suporta
BL67	0,028	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,057	Suporta	Suporta
BL68	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL69	0,028	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,057	Suporta	Suporta
BL70	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL71	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL72	0,022	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,049	Suporta	Suporta
BL73	0,007	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,023	Suporta	Suporta
BL74	0,007	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,023	Suporta	Suporta
BL75	0,007	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,023	Suporta	Suporta
BL76	0,005	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,019	Suporta	Suporta
BL77	0,011	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,031	Suporta	Suporta
BL78	0,055	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,090	Suporta	Suporta
BL79	0,005	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,019	Suporta	Suporta
BL80	0,007	0,8	0,0956	0,076	1,2	0,023	Suporta	Suporta

Fonte: Autor (2020)

E – DIMENSIONAMENTO DA GALERIA

DIMENSIONAMENTO DA GALERIA PLUVIAL																												
Trecho	Extensão (m)	Cota do Terreno (m)		Cota do Conduto (m)		Declividade do trecho (m/m)	Declividade Mínima (m/m)	Declividade adotada (m/m)	Profundidade do Conduto (m)		Recobrimento do Conduto (m)		C	Q (m³/s)	Diâmetro Calculado (m)	Diâmetro Adotado (mm)	Qp (m³/s)	Q/Qp	y/D	y (m)	R/D	R (m)	A/D²	A (m²)	V/Vp	Vp (m/s)	V (m/s)	tp (min)
		Montante	Jusante	Montante	Jusante				Montante	Jusante	Montante	Jusante																
1-2	60,60	761	758	759,64	756,64	0,0495	0,0010	0,0500	1,4	1,4	1	1	0,8	0,071	0,193	300	0,2161199	0,3282408	0,39	0,12	0,2102	0,06	0,2836	0,03	0,89	3,06	2,73	0,37
2-3	76,40	758	755	756,52	753,52	0,0393	0,0005	0,0400	1,5	1,5	1	1	0,8	0,175	0,282	400	0,4163031	0,420511	0,46	0,18	0,2366	0,09	0,3527	0,06	0,96	3,31	3,20	0,40
4-5	77,70	755	755	753,52	753,52	0,0000	0,0008	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,062	0,201	400	0,360529	0,1713756	0,28	0,11	0,1614	0,06	0,1800	0,03	0,75	2,87	2,14	0,60
3-6	24,40	755	755	753,52	753,52	0,0000	0,0004	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,208	0,318	400	0,360529	0,5775994	0,55	0,22	0,2649	0,11	0,4426	0,07	1,04	2,87	2,98	0,14
5-7	67,70	755	755	753,52	753,52	0,0000	0,0007	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,084	0,226	400	0,360529	0,2340613	0,33	0,13	0,1847	0,07	0,2260	0,04	0,82	2,87	2,35	0,48
6-9	69,20	755	755	753,52	753,52	0,0000	0,0004	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,252	0,341	400	0,360529	0,7003361	0,62	0,25	0,2821	0,11	0,5115	0,08	1,08	2,87	3,11	0,37
8-7	91,40	756	755	754,64	753,64	0,0109	0,0006	0,0300	1,4	1,4	1	1	0,8	0,102	0,243	300	0,1674057	0,6082133	0,56	0,17	0,2676	0,08	0,4526	0,04	1,05	2,37	2,48	0,61
9-11	33,40	755	754	753,52	752,52	0,0299	0,0004	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,252	0,341	400	0,360529	0,7003361	0,62	0,25	0,2821	0,11	0,5115	0,08	1,08	2,87	3,11	0,18
11-12	27,80	754	753	752,52	751,52	0,0360	0,0004	0,0400	1,5	1,5	1	1	0,8	0,283	0,337	400	0,4163031	0,6786554	0,6	0,24	0,2776	0,11	0,4920	0,08	1,07	3,31	3,55	0,13
12-13a	25,60	753	752	751,52	750,52	0,0391	0,0004	0,0400	1,5	1,5	1	1	0,8	0,313	0,351	400	0,4163031	0,7508019	0,65	0,26	0,2881	0,12	0,5404	0,09	1,10	3,31	3,64	0,12
25-14	113,00	754	753	752,52	751,52	0,0088	0,0004	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,278	0,354	400	0,360529	0,7711904	0,66	0,26	0,2900	0,12	0,5499	0,09	1,10	2,87	3,17	0,59
13-26	130,00	753	753	751,52	751,52	0,0000	0,0005	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,175	0,297	400	0,360529	0,4846486	0,49	0,20	0,2468	0,10	0,3827	0,06	0,99	2,87	2,85	0,76
7-13	125,00	755	753	753,4	751,4	0,0160	0,0004	0,0300	1,6	1,6	1	1	0,8	0,332	0,378	500	0,6536826	0,5080258	0,5	0,25	0,2500	0,13	0,3927	0,10	1,00	3,33	3,33	0,63
13-15	122,00	753	752	751,4	750,4	0,0082	0,0003	0,0300	1,6	1,6	1	1	0,8	0,531	0,451	500	0,6536826	0,8129594	0,68	0,34	0,2933	0,15	0,5687	0,14	1,11	3,33	3,71	0,55
15-16	129,00	752	751	750,29	749,29	0,0078	0,0002	0,0300	1,7	1,7	1	1	0,8	0,747	0,513	600	1,06296	0,7028449	0,62	0,37	0,2821	0,17	0,5115	0,18	1,08	3,76	4,08	0,53
14-16	122,00	753	751	751,4	749,4	0,0164	0,0003	0,0300	1,6	1,6	1	1	0,8	0,412	0,410	500	0,6536826	0,6310066	0,57	0,29	0,2703	0,14	0,4625	0,12	1,05	3,33	3,51	0,58
16-18	32,60	751	751	749,06	749,06	0,0000	0,0002	0,0300	1,9	1,9	1	1	0,8	1,263	0,625	800	2,2892167	0,5517707	0,53	0,42	0,2592	0,21	0,4227	0,27	1,02	4,56	4,67	0,12
17-18	59,00	751	751	749,64	749,64	0,0000	0,0006	0,0300	1,4	1,4	1	1	0,8	0,126	0,263	300	0,1674057	0,7518271	0,65	0,20	0,2881	0,09	0,5404	0,05	1,10	2,37	2,60	0,38
18-19	57,90	751	750	749,056	748,056	0,0173	0,0002	0,0300	1,9	1,9	1	1	0,8	1,555	0,675	800	2,2892167	0,6794732	0,6	0,48	0,2776	0,22	0,4920	0,31	1,07	4,56	4,89	0,20
20-19	76,10	751	750	749,64	748,64	0,0131	0,0006	0,0300	1,4	1,4	1	1	0,8	0,116	0,255	300	0,1674057	0,6937314	0,61	0,18	0,2799	0,08	0,5018	0,05	1,08	2,37	2,56	0,50
21-24	101,00	747	747	745,556	745,556	0,0000	0,0006	0,0300	1,4	1,4	1	1	0,8	0,118	0,257	300	0,1674057	0,7074009	0,62	0,19	0,2821	0,08	0,5115	0,05	1,08	2,37	2,57	0,66
19-22	98,10	750	748	747,856	745,856	0,0204	0,0002	0,0200	2,1	2,1	1	1	0,8	1,814	0,772	1000	3,388972	0,5351387	0,52	0,52	0,2562	0,26	0,4127	0,41	1,02	4,32	4,39	0,37
23-22	76,20	750	748	748,64	746,64	0,0262	0,0008	0,0300	1,4	1,4	1	1	0,8	0,058	0,197	300	0,1674057	0,3485744	0,41	0,12	0,2182	0,07	0,3032	0,03	0,91	2,37	2,16	0,59
24-22	80,30	747	748	745,456	746,456	0,0125	0,0005	0,0300	1,5	1,5	1	1	0,8	0,185	0,304	400	0,360529	0,5125401	0,5	0,20	0,2500	0,10	0,3927	0,06	1,00	2,87	2,87	0,47
22-27	94,20	748	748	745,856	745,856	0,0000	0,0002	0,0200	2,1	2,1	1	1	0,8	2,082	0,813	1000	3,388972	0,6143105	0,56	0,56	0,2676	0,27	0,4526	0,45	1,05	4,32	4,52	0,35
27-destino final	182,00	748	748	745,856	745,856	0,0000	0,0002	0,0200	2,1	2,1	1	1	0,8	2,082	0,813	1000	3,388972	0,6143105	0,56	0,56	0,2676	0,27	0,4526	0,45	1,05	4,32	4,52	0,67

Fonte: Autor (2020)

F – PROPRIEDADES DA VALA

VALA PARA ASSENTAMENTO DA GALERIA								
Trecho	Comprimento da galeria (m)	Diâmetro (mm)	Profundidade (m)	Largura (m)	Escoramento	Área do fundo da vala (m ²)	Área lateral da vala (m ²)	Volume Escavado (m ³)
1-2	60,60	300	1,4	0,8	Pontalete	48,48	164,832	65,93
2-3	76,40	400	1,5	0,9	Pontalete	68,76	226,144	101,76
4-5	77,70	400	1,5	0,9	Pontalete	69,93	229,992	103,50
3-6	24,40	400	1,5	0,9	Pontalete	21,96	72,224	32,50
5-7	67,70	400	1,5	0,9	Pontalete	60,93	200,392	90,18
6-9	69,20	400	1,5	0,9	Pontalete	62,28	204,832	92,17
8-7	91,40	300	1,4	0,8	Pontalete	73,12	248,608	99,44
9-11	33,40	400	1,5	0,9	Pontalete	30,06	98,864	44,49
11-12	27,80	400	1,5	0,9	Pontalete	25,02	82,288	37,03
12-rua	25,60	400	1,5	0,9	Pontalete	23,04	75,776	34,10
25-14	113,00	400	1,5	0,9	Pontalete	101,7	334,48	150,52
13-26	130,00	400	1,5	0,9	Pontalete	117	384,8	173,16
7-13	125,00	500	1,6	1	Pontalete	125	400	200,00
13-15	122,00	500	1,6	1	Pontalete	122	390,4	195,20
15-16	129,00	600	1,7	1,15	Pontalete	148,35	441,18	253,68
14-16	122,00	500	1,6	1	Pontalete	122	390,4	195,20
16-18	32,60	800	1,9	1,4	Pontalete	45,64	126,488	88,54
17-18	59,00	300	1,4	0,8	Pontalete	47,2	160,48	64,19
18-19	57,90	800	1,9	1,4	Pontalete	81,06	225,1152	157,58
20-19	76,10	300	1,4	0,8	Pontalete	60,88	206,992	82,80
21-24	101,00	300	1,4	0,8	Pontalete	80,8	291,688	116,68
19-22	98,10	1000	2,1	2	Pontalete	196,2	420,6528	420,65
23-22	76,20	300	1,4	0,8	Pontalete	60,96	207,264	82,91
24-22	80,30	400	1,5	0,9	Pontalete	72,27	247,9664	111,58
22-27	94,20	1000	2,1	2	Pontalete	188,4	403,9296	403,93
27-destino final	182,00	1000	2,1	2	Pontalete	364	780,416	780,42

Fonte: Autor (2020)

G – ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DA REDE TRADICIONAL DE DRENAGEM

ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DA REDE DE DRENAGEM CONVENCIONAL					
Item	Serviços	Unidades	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1.	SERVIÇOS PRELIMINARES				7232,736
1.1	LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA OU ESGOTO	M	2152,60	3,36	7232,736
2.	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				187488,86
2.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO) COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M ³ / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 M A 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M ³	1482,94	5,8	8601,03
2.2	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO) COM RETRO ESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M ³ / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 M A 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M ³	2695,20	5,2	14015,04
2.3	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL)	M ²	2417,04	4,64	11215,07
2.4	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 0 A 1,5 M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA	M ²	3437,6224	15,6	53626,91
2.5	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3 M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA	M ²	3578,5816	12,07	43193,48
2.6	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA M3 AS 12,45 CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M ³	2695,20	12,45	33555,23
2.7	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMB M3 AS 15,70 A DA RETRO: 0,26 M ³ / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 A 1,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M ³	1482,94	15,7	23282,11

3.	TUBULAÇÃO E DISPOSITIVOS				507381,75
3.1	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 300 MM	M	544,60	50,01	27235,45
3.2	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 400 MM	M	645,20	52,43	33827,84
3.3	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 500 MM	M	369,00	63,73	23516,37
3.4	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 600 MM	M	129,00	83,29	10744,41
3.5	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 800 MM	M	188,60	155,29	29287,69
3.6	TUBO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS PLUVIAIS, CLASSE PA-2, COM ENCAIXE PONTA E BOLSA, DIAMETRO NOMINAL DE 1000 MM	M	276,20	262,18	72414,12
3.7	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	544,60	32,17	17519,782
3.8	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	645,20	41,25	26614,50
3.9	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	369,00	50,22	18531,18
3.10	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	129,00	59,79	7712,91
3.11	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	188,60	80,29	15142,69
3.12	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS	M	276,20	105,15	29042,43
3.13	BOCA DE LOBO EM ALVENARIA TIJOLO MACICO, REVESTIDA C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3, SOBRE LASTRO DE CONCRETO 10CM E TAMP A DE CONCRETO ARMADO	UNI	80	844,15	67532,00
3.14	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 1X1X0,6 M PARA REDE DE DRENAGEM	UNI	26	168,9	4391,40
3.15	POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIÂMETRO INTERNO = 1,2 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, INCLUINDO TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO DE 60 CM	UNI	27	4587,74	123868,98
TOTAL (R\$)					702103,35

Fonte: Autor (2020)

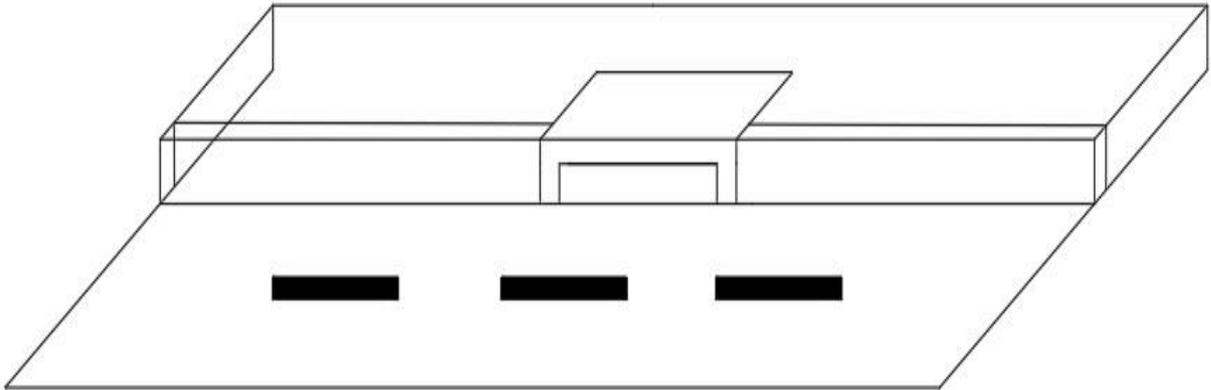
H – ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO					
Item	Serviços	Unidades	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1.	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				89543,63
1.1	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 1,2 M³ / 155HP), FROTA DE 6 CAMINHÕES BASCULANTE S DE 10 M³, DMT DE 1,5 KM E VELOCIDADE MÉDIA 18KM/H.	M³	3180,80	10,2	32444,16
1.2	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MECANIZADO	M³	31,81	160,26	5097,55
1.3	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 4,5 M ATÉ 6,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (1,2 M³/155 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M³	1336,00	3,77	5036,72
1.4	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE DE 4,5 A 6,0 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M³	1336,00	6,2	8283,20
1.5	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 3,0 A 4,5 M, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA.	M²	2520,00	15,35	38682,00
2.	ESTRUTURA				285156,11
2.1	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 20 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M³	127,23	370,02	47078,38
2.2	FORMAS MANUSEÁVEIS PARA PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO, DE EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS, EM FACES INTERNAS DE PAREDES.	M²	1008,00	16,63	16763,04
2.3	CONCRETO FCK = 30MPA. TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M³	100,80	382,09	38514,67
2.4	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS	M³	100,80	162,07	16336,66
2.5	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM	Kg	22803,20	7,3	166463,36
3.	TUBULAÇÃO E ASSENTAMENTO				46906,96
3.1	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 900 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO	M	167	280,88	46906,96
TOTAL (R\$)					421606,70

I – PERFIS DOS DISPOSITIVOS

BOCA DE LOBO

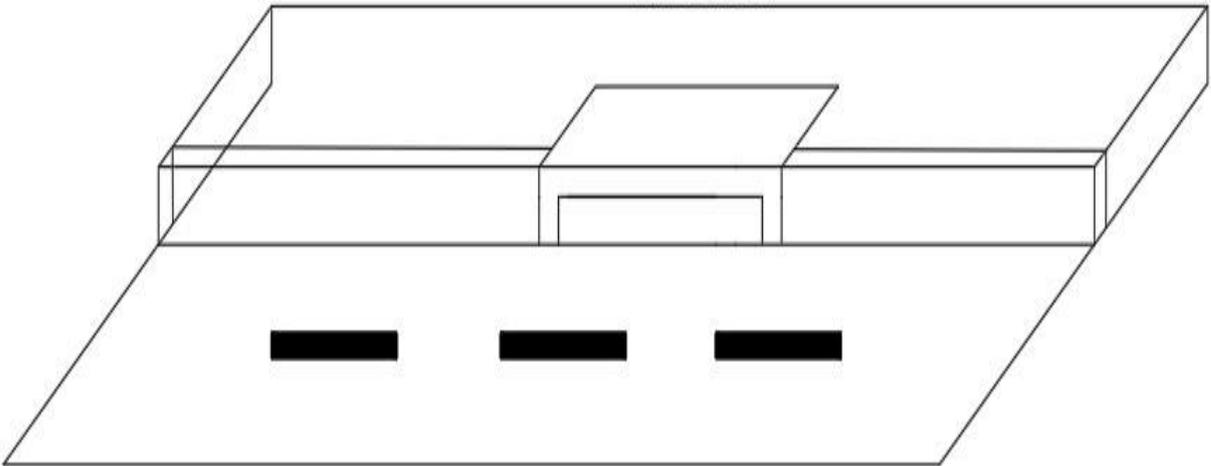
COMPRIMENTO DA
SOLEIRA : 1,2 M.
ALTURA DA LÂMINA
D'ÁGUA: 13 CM.



Fonte: Autor (2020)

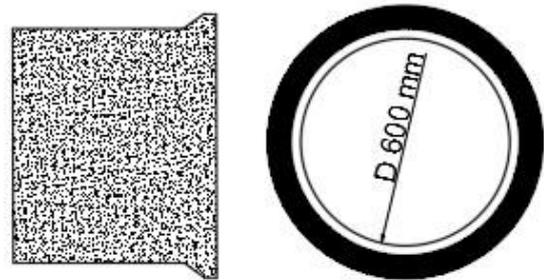
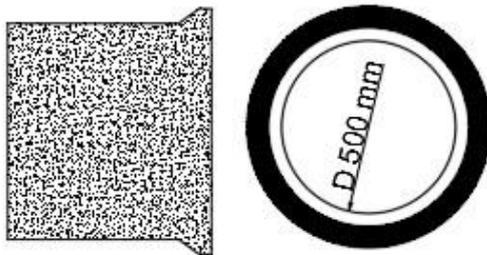
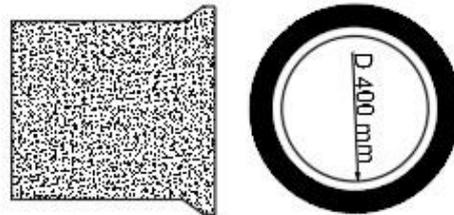
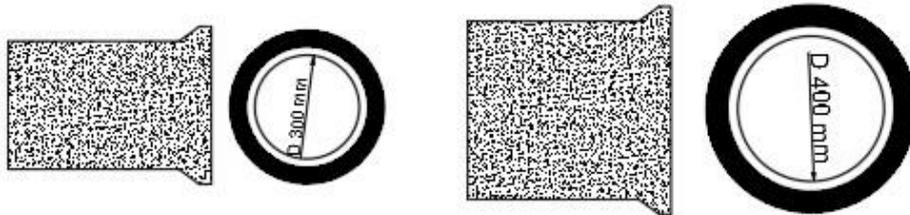
BOCA DE LOBO

COMPRIMENTO DA
SOLEIRA : 1,4 M.
ALTURA DA LÂMINA
D'ÁGUA: 13 CM.



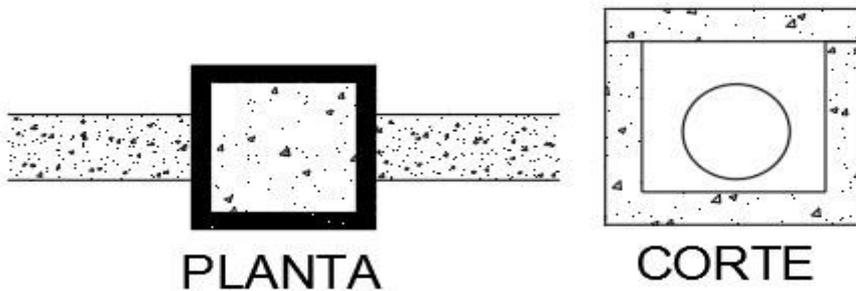
Fonte: Autor (2020)

GALERIA PLUVIAL



Fonte: Autor (2020)

CAIXA DE LIGAÇÃO

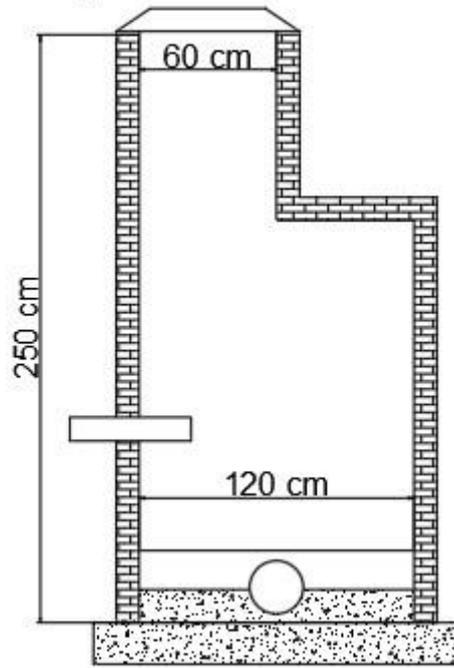


PLANTA

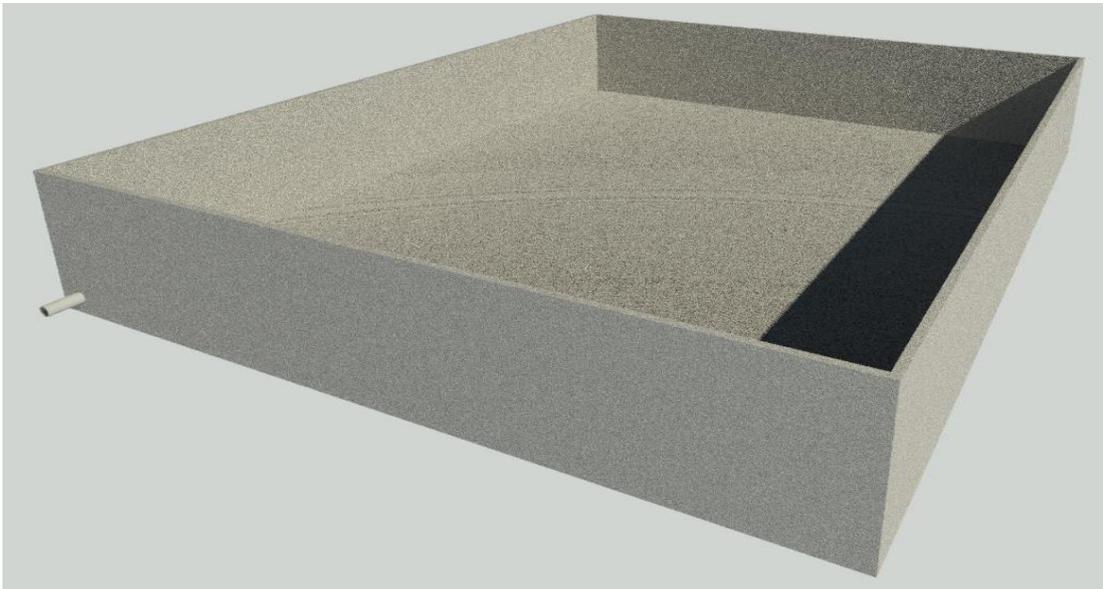
CORTE

Fonte: Autor (2020)

POÇO DE VISITA



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)