



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CAMPUS SERTÃO
ENGENHARIA CIVIL**

SAMARA KATHYANNE DE OLIVEIRA MENEZES

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM PARA A UNIVERSIDADE
FEDERAL DE ALAGOAS - CAMPUS SERTÃO (DELMIRO GOUVEIA-AL)**

Delmiro Gouveia/ AL

2019



SAMARA KATHYANNE DE OLIVEIRA MENEZES

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM PARA A UNIVERSIDADE
FEDERAL DE ALAGOAS - CAMPUS SERTÃO (DELMIRO GOUVEIA-AL)**

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como requisito parcial, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Thiago Alberto Pereira Silva.

Delmiro Gouveia/ AL

2019

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca do
Campus Sertão Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

M543p Menezes, Samara Kathyanne de Oliveira

Proposta de um sistema de microdrenagem para a Universidade Federal de Alagoas – Campus sertão (Delmiro Gouveia – AL) / Samara Kathyanne de Oliveira Menezes. – 2019.

60 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Drenagem. 2. Sistema de microdrenagem. 3. Dimensionamento.
4. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. 5. Campus do sertão.
6. Delmiro Gouveia – Alagoas. I. Título.

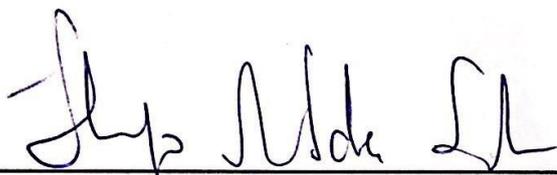
CDU: 626.26

Folha de Aprovação

SAMARA KATHYANNE DE OLIVEIRA MENEZES

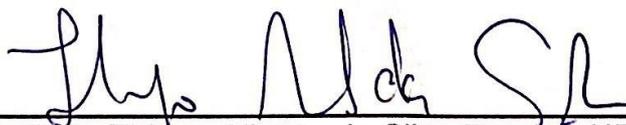
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM PARA O CAMPUS SERTÃO

Projeto de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em 16 de abril 04 de 2019.

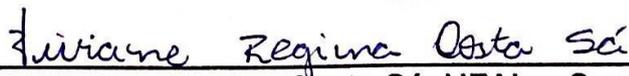


Prof^o Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL – Campus do Sertão
(Orientador)

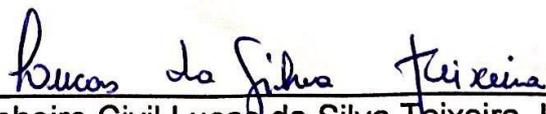
Banca Examinadora:



Prof^o Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL – Campus do
(Examinador Interno)



Prof^a Dr. Viviane Regina Costa Sá, UFAL – Campus do Sertão
(Examinadora Interna)



Engenheiro Civil Lucas da Silva Teixeira, UFAL – Campus do Sertão
(Examinador Externo)

Dedico este trabalho aos meus pais Agilson Menezes e Josineise Maria, aos meus irmãos Kenneth e Suzy e aos meus amigos que se fizeram presente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as graças e oportunidades cedidas.

Aos meus pais e meus irmãos por toda paciência, amor e boa vontade durante todos estes anos, que nunca pouparam esforços para realizar os meus sonhos.

Aos meus amigos e amigas que estiveram presentes ao decorrer desta longa trajetória, em especial a Mariana Araújo por todos estes anos que compartilhou a mesma casa e dificuldade da faculdade.

À Glaucia e a sua família por abrirem as portas de sua casa e sempre me oferecerem suporte.

À Carlla Rafaella que sempre me incentivou na minha vida acadêmica e pessoal.

Ao meu orientador Thiago Alberto pela paciência e dedicação no desenvolver deste trabalho.

Por fim aos meus chefes Danyel Iglesias e Gleiciane Ferreira por todo aprendizado e companheirismo nesta reta final.

*Tudo tem seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito
debaixo do céu. (Eclesiastes 3:1)*

RESUMO

Os sistemas de drenagem são necessários para garantir a segurança e o bem-estar da sociedade em épocas de cheias, apesar do avanço de novas tecnologias e abordagens construtivas para a minimização dos impactos gerados devido ao desenvolvimento urbano, no Brasil, não existe uma norma específica para este tipo de projeto, apenas um manual de recomendações do DNIT. Através de visitas feitas *in loco* foi possível constatar a falta de um sistema de drenagem próprio para o Campus Sertão, onde o presente trabalho tem por objetivo propor um sistema de microdrenagem para o mesmo. De acordo com os dados pluviométricos da região, foi possível determinar as vazões máximas e mínimas que o local suporta, podendo assim determinar os pontos mais adequados para instalação dos dispositivos de drenagem. Para o dimensionamento do sistema foi utilizado o Método Racional.

Palavras Chave: Vazão; dimensionamento; cheias.

ABSTRACT

Drainage systems are necessary to ensure the safety and well-being of society in flood zones, despite the advance of new technologies and constructive approaches to minimize the impacts generated due to urban development in Brazil, there is no specific standard for this type of project, only a DNIT recommendations manual. Through visits made on the spot, it was possible to verify the lack of a proper drainage system for “Sertão” Campus, where the objective of this work is proposing a microdrainage system for the same. According to the pluviometric data of the region, it was possible to determine the maximum and minimum flows that the site supports, being able to determine the most suitable points for installation of the drainage devices. The Rational Method was used for the design of the system.

Keywords: Flow; sizing; microdrainage..

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais processos do ciclo hidrológico	15
Figura 2 - Localização de Delmiro Gouveia no estado de Alagoas.....	23
Figura 3 - Boca de lobo simples.....	31
Figura 4 - Boca de lobo com grelha	31
Figura 5 - Boca de lobo mista	32
Figura 6- Seção transversal de sarjeta na entrada de boca de lobo.....	34
Figura 7 - Corte longitudinal do encontro de coletores de diâmetros distintos com PV.	36
Figura 8 - Seção transversal de coletor com indicação dos parâmetros hidráulicos, diâmetro (D), lâmina d'água (y), largura superficial (B), área molhada (Am) e perímetro molhado (Pm)	39
Figura 9 - Sarjeta triangular	41
Figura 10 - Sarjetão triangular	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impactos da urbanização nas bacias hidrográficas.	16
Tabela 2 - Estágios de desenvolvimento de drenagem urbana nos países desenvolvidos.	18
Tabela 3 - Medidas não-estruturais para controle de inundações.	20
Tabela 4 - Valores do escoamento superficial.....	26
Tabela 5 - Valores utilizados para o tempo de retorno	27
Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Rugosidade	28
Tabela 7 - Valores do parâmetro K em função do ângulo.	34
Tabela 8 - Coeficiente de impermeabilização.....	37
Tabela 9 - Número de Fourde	40
Tabela 10 - Valores admissionais de t/t_c e Q/Dt	40
Tabela 11 - Altura de chuva (mm) estimada com base nas relações entre durações.	41
Tabela 12 - Dimensionamento das sarjetas	42
Tabela 13 - Dimensionamento do sarjetão.....	43
Tabela 14 - Capacidade da boca de lobo.....	44
Tabela 15 - Volume de Escoamento da Bacia de Detenção 1.....	46
Tabela 16 - Volume de Escoamento Bacia de Detenção 2 (parte 1)	48
Tabela 17 - Volume de Escoamento Bacia de Detenção 2 (parte 2)	48
Tabela 18 - Localização das bocas de lobos.....	55
Tabela 19 - Dimensionamento dos PV's (parte 1)	56
Tabela 20 - Dimensionamento dos PV's (parte 2)	57

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Hidograma de Cheias da Bacia de Detenção 1	46
Gráfico 2 - Hidogramas de Cheias da Bacia de Detenção 2	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. GERAL	14
2.2. ESPECÍFICO.....	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1. HIDROLOGIA URBANA	15
3.2. SISTEMAS DE DRENAGEM.....	17
3.3. MEDIDAS DE CONTROLE	19
3.4. TIPOS DE BACIA.....	21
4. METODOLOGIA.....	23
4.1. LOCAL DE ESTUDO	23
4.2. ATUAL SITUAÇÃO DO CAMPUS	24
4.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS	24
4.4. CHUVAS INTENSAS.....	24
4.5. MÉTODO RACIONAL.....	25
4.5.2. Coeficiente de Escoamento Superficial	26
4.5.3. Tempo de Retorno.....	26
4.5.4. Tempo de Concentração	27
4.6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	27
4.6.1. Sarjetas	27
Tipo de superfície.....	28
4.6.2. Sarjetões	30
4.6.3. Bocas de Lobo.....	30
4.6.4. Galerias	35
4.6.5. Bacias de retenção	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1. Dados pluviométricos	41

5.2.	Dimensionamento.....	41
5.2.1	Sarjetas	41
5.2.2	Sarjetão	43
5.2.3	Boca de Lobo.....	44
6.	Galeria.....	45
6.1.	Bacia de detenção	45
7.	CONCLUSÃO.....	49
8.	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE.....	54

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento desordenado urbano, os projetos de drenagem acabam sendo feitos de acordo com a necessidade do local, que na maioria das vezes aparecem apenas em períodos de chuvas causando alguns contratempos.

O presente trabalho trata-se de uma proposta de um sistema de microdrenagem para o Campus, devido a inexistência do mesmo. Tem como base a análise de cada área de contribuição, o tempo de concentração e a sua vazão de projeto, utilizando o Método Racional.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Propor um sistema de microdrenagem para o Campus do Sertão.

2.2. ESPECÍFICO

- Apresentar os conceitos importantes sobre os sistemas de drenagem;
- Analisar o projeto arquitetônico do local para identificação dos possíveis locais de inundações em períodos de chuva;
- Dimensionamento do sistema.

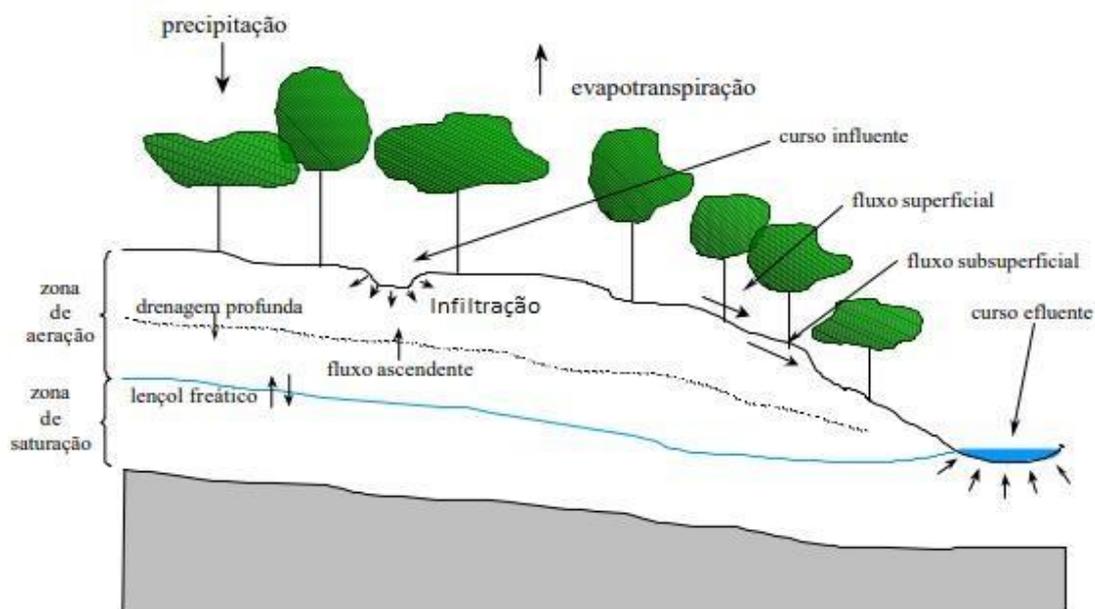
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. HIDROLOGIA URBANA

O Ciclo hidrológico pode ser explicado como um processo que ocorre entre a atmosfera e a superfície terrestre e ao longo deste percurso o sistema perde parte da água devido à evaporação do solo e transpiração das plantas, constituindo assim o fenômeno de **evapotranspiração**.

O solo se comporta como uma espécie de reservatório onde o acúmulo da água irá depender do seu tipo de solo e da quantidade de meios de saída, o principal meio de entrada é através da **precipitação** e ao entrar em contato com o solo ocorre o processo de **infiltração**, quando o solo do terreno está impermeabilizado (locais de ocupação urbana) a taxa de **escoamento superficial** aumenta, onde o mesmo é direcionado para um local de captação, como mostra a Figura 1:

Figura 1 - Principais processos do ciclo hidrológico



Fonte: Rennó e Soares (2000).

De acordo com Barbosa (2006) os rios geralmente possuem dois leitos: o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior que é inundado em média a cada dois anos. Este tipo de evento ocorre, normalmente, em bacias grandes (maior do que 500 km²), sendo decorrência do processo natural do ciclo hidrológico. Segundo Bichança (2006) quando o leito maior é inexistente ou foi suficientemente ocupado podem ocorrer cheias, um fenômeno perfeitamente natural, mas que se revela bastante preocupante devido às perdas materiais e vidas humanas envolvidas.

De acordo com Melo (2016) é certo que o processo de urbanização causa grandes modificações no uso e ocupação do solo. Devido a essas modificações, os picos de cheias e a ocorrência de enchentes são alterados e seus efeitos mais perceptíveis são o aumento do escoamento superficial e a diminuição da infiltração. A Tabela 1, mostra algumas causas e efeitos da urbanização das bacias hidrográficas:

Tabela 1 - Impactos da urbanização nas bacias hidrográficas.

CAUSAS	EFEITOS
Remoção da vegetação natural	Aumento dos volumes de escoamento e das vazões de pico; aumento das velocidades de escoamento; intensificação da erosão do solo e, conseqüentemente, do assoreamento dos canais e galerias.
Aumento das taxas de impermeabilização	Aumento dos volumes de escoamento e das vazões de pico; redução das depressões para detenção nas superfícies; e aumento das velocidades de escoamento.
Construção de uma rede de drenagem artificial	Aumento significativo das velocidades de escoamento e redução do tempo em que acontece o pico das vazões.
Ocupação das margens e da planície de inundação do rio	População diretamente exposta à inundação periódica em áreas naturalmente alagáveis e ampliação da extensão das áreas inundadas, uma vez que há menos espaço para armazenamento e fluxo das águas.
Eliminação de resíduos sólidos e águas residuais na rede de drenagem	Degradação da qualidade de água; proliferação de doenças; obstrução da rede de drenagem; e formação de canal de sedimentação no rio.

Fonte: Miguel e Magalhães (2010).

Segundo Leopold (1968) os impactos da urbanização na bacia hidrográfica são divididos em: impactos na quantidade, impactos na qualidade, impactos no valor ambiental:

- **Impactos na quantidade:** o aumento da impermeabilização do solo e a implantação de sistemas de drenagem podem aumentar as vazões máximas de um evento de chuva em até 6 vezes;
- **Impactos na qualidade:** o efluente de esgoto despejado *in natura* causa um aumento na quantidade dos nutrientes disponíveis, desequilibrando a biota aquática, propiciando o crescimento de bactérias e algas, provocando a eutrofização do corpo d'água;
- **Impactos no valor ambiental:** a instabilidade do canal, apresentando leito assoreado, margens instáveis e sem vegetação; o acúmulo de lixo nos canais; e o desequilíbrio da biota aquática, são os principais fatores responsáveis pela degradação do valor ambiental de uma bacia urbanizada.

Nesse sentido, é também importante abordar o conceito de hidrologia. Entende-se hidrologia urbana como o estudo da dinâmica da água no meio urbano, ou seja, o estudo dos

processos hidrológicos nos ambientes afetados pela urbanização. Limitando-se um pouco esse estudo, analisa-se a drenagem urbana como sendo um conjunto de medidas que busca a redução dos riscos a que a população está submetida, a redução dos prejuízos causados pelas inundações e o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (PORTO *et al.*, 2007).

Para Tucci e Bertoni (2003), “o escoamento pluvial pode produzir inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido a urbanização, os dois processos podem ocorrer isoladamente, ou em conjunto”. O primeiro processo, conhecido como *Inundações em Áreas Ribeirinhas*, ocorre devido à ocupação indevida do leito maior do rio pela população, ficando está sujeita às enchentes. O segundo processo, *devido à urbanização*, resulta da impermeabilização excessiva do solo, o que aumenta a magnitude e a frequência das cheias. A urbanização pode ainda ser responsável por produzir obstruções ao escoamento, como, por exemplo, através da construção de aterros, pontes, drenagem inadequada, ou ainda em função de entupimentos de condutos e assoreamentos (PMPA/IPH, 2005).

3.2. SISTEMAS DE DRENAGEM

3.2.1. Sistema de drenagem convencional

Também conhecido como sistema clássico, está baseado no conceito *higienismo*. Segundo (Gonzalez, 2014), foi desenvolvido no urbanismo francês do século XVII, o lema da drenagem higienista era “*tout à l’égout*”, (do francês: tudo ao esgoto), isto é, os esgotos são captados e levados a condutos subterrâneos por onde também circulam as águas pluviais.

Contudo, Baptista *et al.* (2005) destacam que por meio desta abordagem ocorre a transferência do problema para áreas a jusante, resultando em novas obras de ampliação do sistema com custos incrementais crescentes. Também dá ênfase ao fato desse conceito dar uma falsa sensação de segurança na população com respeito às inundações, culminando em grandes prejuízos à sociedade, além da limitação de outros usos presentes ou futuros da água no meio urbano.

Segundo Bahiense (2013) considerando o rápido crescimento urbano dos últimos dois séculos, que definitivamente estabeleceram as cidades como polos de concentração populacional em todo o mundo, tornou-se cada vez mais difícil solucionar problemas de drenagem e inundações urbanas apenas com correções nos condutos e redes. Quantitativamente, era visível que a melhor solução não seria a ampliação constante e indefinida das tubulações a jusante, conforme a urbanização aumentava. Qualitativamente,

era observada nas águas urbanas a presença de cargas poluidoras provenientes de fontes difusas.

3.2.2. Sistema de drenagem sustentável

Um sistema de drenagem sustentável é um conjunto de medidas que objetivam recuperar a capacidade de armazenamento que a bacia perdeu com a urbanização. Uma drenagem urbana sustentável se dá através do conjunto de atividades como o estudo dos cursos d'água e do solo, aliando o urbanismo com a valorização da paisagem e também aliando as oportunidades de lazer com a ecologia (POMPÊO, 2000).

De acordo com Bahiense (2013) no início da década de 1990, o conceito de drenagem urbana sustentável começou a ganhar espaço, representando uma abordagem integrada entre urbanização, hidrologia urbana e meio ambiente. Esta concepção busca controlar os escoamentos na sua origem e manter os caminhos naturais de drenagem, atuando nas causas das inundações e utilizando medidas de armazenamento e infiltração.

Com o conceito ambiental de drenagem, em substituição ao higienista, aparecem soluções alternativas, compensatórias ou ambientais, agindo em conjunto com as estruturas convencionais, que procuram compensar sistematicamente os efeitos da urbanização em termos quantitativos e qualitativos (SILVA, 2007). A Tabela 2, mostra todas as etapas de desenvolvimento dos sistemas de drenagem urbana:

Tabela 2 - Estágios de desenvolvimento de drenagem urbana nos países desenvolvidos.

FASE	CARACTERÍSTICAS	CONSEQUÊNCIAS
Pré - Higienista: até o início do século XX	Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas, sem coleta ou tratamento.	Epidemias e doenças com alta taxa de mortalidade.
Higienista: até os anos 1970	<i>Tout à l'égout</i> – Transporte do esgoto junto às águas pluviais, por canalização dos escoamentos	Redução das doenças e da mortalidade, degradação dos corpos d'água, contaminação dos mananciais.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Sistema separador absoluto, tratamento dos esgotos, amortecimento dos escoamentos pluviais.	Melhoria da qualidade da água dos rios, poluição difusa, obras de grande impacto.
Desenvolvimento Sustentável: após 1990	Tratamento do escoamento pluvial, preservação do sistema natural, integração institucional.	Conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida, controle das inundações.

Fonte: TUCCI (2005).

3.3. MEDIDAS DE CONTROLE

3.3.1. Medidas Estruturais

De acordo com Barbosa (2006) a escolha de medidas de controle e proteção de inundações deve ser bem analisada para o melhor aproveitamento das áreas vulneráveis. As medidas estruturais são medidas físicas de engenharia desenvolvidas pela sociedade para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas estruturais intensivas são aquelas que têm como função alterar o escoamento natural do curso d'água, sendo realizadas por meio de obras de canalização, reservatórios, diques e outros. Já as medidas estruturais extensivas são aquelas que apresentam a função de reduzir o escoamento superficial com a finalidade de reduzir a ocorrência de inundações e a erosão do solo.

Segundo Tucci (2003), as principais medidas tomadas são: reservatório de detenção e retenção, para controlar a vazão máxima; áreas de infiltração para que haja o recebimento de água de áreas impermeáveis e, por consequência, a recuperação do poder de infiltração da bacia; e também os pavimentos permeáveis, para um melhor escoamento da água e aumento da capacidade de infiltração.

3.3.2. Medidas não-estruturais

De acordo com Canholi (2018) as *medidas não estruturais* são aquelas em que se procura reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem. Na Tabela 3 é mostrado as principais medidas não-estruturais para o controle de inundações:

Tabela 3 - Medidas não-estruturais para controle de inundações.

MEDIDA	CARACTERÍSTICAS	OBJETIVO
Plano Diretor	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.	Evitar ocupação sem prevenção.
Educação Ambiental	Para ser realizado junto à população. A conservação das margens dos rios, sua vegetação típica e taludes são essenciais.	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações.
Medidas de apoio à população	Lugares seguros para preservar a pessoa e sua família, e construção de abrigos temporários, meios de evacuação, patrulhas de segurança.	Inserir na população que poderá ser atingida pela inundação um senso de proteção.
Distribuição de informação sobre as enchentes	Programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda.
Reassentamento	Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de residentes legais nas áreas de enchente.	Retirar a população dos locais de risco.
Soluções de mitigação	Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário.	Aumentar a eficiência do sistema de drenagem a jusante e da capacidade de controle de enchentes dos sistemas.
Construções a prova de enchentes	Pequenas adaptações nas construções	Reduzir as perdas em construções localizadas nas várzeas de inundação.
Sistemas Hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: Enomoto (2004) – Adaptado.

3.3.3. Sistemas de microdrenagem e macrodrenagem

Segundo Pepitone (2018) a microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado. Em um sistema de drenagem urbana há uma série de dispositivos hidráulicos para os quais existe uma nomenclatura própria cujos elementos mais comuns são conceituados a seguir:

- a) Guia (meio-fio) – faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, composta normalmente por elementos de granito ou de concreto pré-moldado;
- b) Sarjeta – canal longitudinal, disposto entre o meio fio e a pista de rolamento, destinado a coletar e transportar as águas do escoamento superficial até os pontos de coleta;
- c) Sarjetões – calha disposta nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas destinada a conectar sarjetas;

- d) Boca de lobo (boca coletora) – estrutura hidráulica destinada à captação das águas superficiais conduzidas pelas sarjetas e sarjetões;
- e) Galeria – conduto destinado à condução das águas superficiais captadas nas bocas de lobo até os pontos de lançamento;
- f) Conduto de ligação (tubo de ligação) – tubulação destinada à condução da água superficial coletada nas bocas de lobo até as galerias;
- g) Poço de visita – câmara visitável que permite a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;
- h) Trecho – parte da galeria disposta entre dois poços de visita consecutivos;
- i) Caixa de ligação (caixa morta) – caixa de alvenaria subterrânea não visitável destinada a reunir condutos de ligação ou estes à galeria.

A macrodrenagem envolve o conjunto de sistemas de coletores que recebem água dos diversos elementos de microdrenagem. Caracterizam-se por serem obras de grande porte e dispendiosas, podendo suportar precipitações superiores aos do sistema de microdrenagem (BARROS, 2005; TUCCI, 2007).

3.4. TIPOS DE BACIA

3.4.1. Bacias de detenção

Também conhecida como bacias de amortecimento, segundo Olival *et. al* (2017) é um método que tem como objetivo reduzir a erosão, retardando a taxa de resposta do escoamento superficial das áreas pavimentadas e do sistema de drenagem artificial, ou seja, o mesmo volume do afluente é o que é descarregado, porém num período maior de tempo. Além disso, ela permite evitar perturbações à jusante, como inundações e degradação de terrenos e habitações, melhorar a paisagem e recarregar aquíferos (o que auxilia em regiões que possuem épocas de estiagem, possibilitando o uso dessa água nessas épocas), dentre outras aplicações. Para Righetto (2009) normalmente, são projetados para esvaziar completamente em menos de 24 horas.

3.4.2. Bacias de retenção

Segundo Olival *et. al* (2017) as bacias de retenção, também conhecidas como bacias de captação ou cacimbas, podem ser construídas tanto em área urbana ou rural, sendo mais comum ao lado de estradas vicinais. A localização delas é definida tecnicamente em função do declive do terreno, da área de exposição, tipo de solo e volume de precipitação local. Para Poletto e Tassi (2011), a grande vantagem dos reservatórios de retenção é que podem ser

instalados em áreas públicas, como praças, parques, quadras, que tenham outra destinação após a precipitação.

4. METODOLOGIA

A metodologia foi baseada em visitas feitas *in loco*, análise da planta para extração de dados, como, as curvas de níveis e as áreas de contribuição. Tendo auxílio de planilhas eletrônicas e softwares como AutoCAD e Revit.

4.1. LOCAL DE ESTUDO

O local da área de estudo será a Universidade Federal de Alagoas-UFAL, Campus Sertão, situada na rodovia AL-145, km 3, nº 3849, no bairro Cidade Universitária. A construção do Campus ainda não está terminada, atualmente, estão construídos apenas o prédio principal, o restaurante universitário e anexo, para os laboratórios, setores administrativos, entre outros.

O Campus fica localizado no município de Delmiro Gouveia, conforme a Figura 2, pertencente a Mesorregião do Sertão Alagoano e microrregião do Alto Sertão do Rio São Francisco, fazendo divisa com três estados: Bahia, Pernambuco e Sergipe e tem como municípios fronteiros Água Branca, Pariconha e Olho D'Água do Casado, como mostra a figura 5. Segundo dados do IBGE (2017) o município possui 626,69km², população de 52.597 habitantes e densidade demográfica de 79,13 hab/km². Apresenta um clima quente e seco com temperatura média anual igual a 25.4 °C e uma pluviosidade média anual de 511 mm (*Climate Data*, 2018).

Figura 2 - Localização de Delmiro Gouveia no estado de Alagoas



Fonte: Adaptado de BAIXAR MAPAS, 2018.

4.2. ATUAL SITUAÇÃO DO CAMPUS

Devido à inexistência de projeto, o sistema de drenagem do campus é bastante falho, já que sua implantação é feita de acordo com o surgimento dos problemas.

A drenagem da cobertura do anexo cai na parte externa do terreno e se infiltra no mesmo, já na parte interna o pátio possui uma grelha o arrodando. No prédio principal, tanto nas áreas internas quanto externas possui uma calha no piso em torno de todo o perímetro do prédio e próximo ao auditório existe dois tubos de 60mm cada que drenam a água que vem da cobertura, conduzida para o terreno ao lado do campus.

Devido ao acúmulo de água na rotatória próximo ao restaurante universitário foi adicionada uma tubulação de 60mm, cortando a rotatória em direção a um terreno natural onde ela vai escoando e se infiltrando, outra melhoria foi o nivelamento do local onde a fossa séptica está localizada para evitar o acúmulo de água nela, ambas medidas apresentaram melhoria.

4.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho serão obtidos de Alcântara Júnior (2016). O mesmo autor utilizou dados referentes ao histórico pluviométrico foram fornecidos pelo portal de dados *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas (ANA). A série histórica de dados consistidos do município de Delmiro Gouveia, da estação meteorológica (código 937013) instalada no próprio município, possui precipitações diárias respectivas há setenta anos, período de 1936 a 2006.

4.4. CHUVAS INTENSAS

De acordo com Oliveira *et al.* (2016) observa-se um comportamento geral das precipitações intensas a partir da análise do relacionamento entre os parâmetros intensidade, duração e frequência. Quanto menor a duração, mais intensa é a precipitação, ao passo que quanto menor é a frequência de ocorrência, mais severa é a intensidade e, conseqüentemente, mais adversos serão os efeitos do escoamento superficial direto por ela gerada para a sociedade. Tucci (2002) reporta a Equação 1 genérica a seguir para determinação de curvas IDF:

$$i = \frac{a \cdot T^b}{(t + c)^d}$$

Equação 1

Onde:

i = intensidade (mm/h);

T = tempo de retorno (ano);

t = duração da precipitação (min);

a, b, c e d = parâmetros que dependem do local de estudo.

Alcântara Junior (2016), utilizou o Método de Gumbel para analisar o comportamento das precipitações máximas no Município de Delmiro Gouveia, em relação ao seu tempo de duração.

4.5. MÉTODO RACIONAL

De acordo com Tucci (2004) o método racional é muito utilizado na estimativa da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (até 2 km²). Segundo Ramos; Barros e Palos (1999) quando se utiliza o método racional, estão sendo consideradas as seguintes premissas básicas: o pico do escoamento superficial é função do respectivo tempo de concentração, assim como da intensidade da chuva, cuja duração é considerada como sendo igual ao tempo de concentração; as condições de permeabilidade da superfície da bacia permanecem constantes durante a ocorrência da chuva; o pico do escoamento é considerado quando toda a área da bacia já contribuiu para o escoamento. A vazão de escoamento é estimada através da Equação 2:

$$Q = 2,78 * C * i * A$$

Equação 2

Onde:

Q – Vazão de projeto (m³/s);

C – Coeficiente de deflúvio;

i – intensidade média da precipitação (mm/h);

A – Área da bacia de contribuição (km²).

4.5.1. Área de Drenagem

Também conhecida como área de contribuição, é o local de captação (plano horizontal) das precipitações onde os escoamentos se unem em busca de um único ponto de saída. A área de drenagem é determinada através de planta planialtimétrica e da linha do divisor (linha imaginária), que passa pelos pontos de maior nível topográfico e separa as bacias em estudo de outras bacias vizinhas, geralmente sua área é dada em km² ou em hectares quando são pequenas. Com o auxílio da planta baixa do campus foi possível

identificar a quantidade total de vias que já estão construídas ou não, e seus respectivos tamanhos.

4.5.2. Coeficiente de Escoamento Superficial

O escoamento superficial considera toda a água que se desloca na superfície até encontrar uma calha definida. Quando a superfície é natural e possui uma cobertura vegetal, o escoamento na superfície sofre interferência desta cobertura e grande parte do escoamento acaba se infiltrando no solo. O escoamento em áreas urbanas é caracterizado pela mudança na direção de fluxos devido ao sistema viário e de esgotos pluviais, além de predominar superfícies impermeáveis que podem aumentar o fluxo superficial (Tucci, 1998).

O tipo de solo influência de forma direta no escoamento artificial devido a sua capacidade de infiltração, pois ela se dá através da umidade dele. O coeficiente (*runoff*) de escoamento superficial, indicado na Tabela 4, representa o tipo de impermeabilização do solo em estudo, quando menor a sua capacidade de infiltração, maior será a taxa de escoamento.

Tabela 4 - Valores do escoamento superficial

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas Comerciais	
Áreas centrais	0,70 – 0,95
Áreas de bairros	0,50 – 0,70
Superfícies	
Asfalto	0,70 – 0,95
Paralelepípedo	0,58 - 0,81
Solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
Solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
Solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
Solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
Gramma, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
Gramma, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
Gramma, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20

Fonte: PCRJ (2010).

4.5.3. Tempo de Retorno

Para Tomaz (2013) período de retorno (T_r) é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Ele pode variar de acordo com o tipo de construção e está ligado diretamente a segurança da obra, pois ele prevê a vazão que ela irá suportar. Projetos de drenagem superficial tem o seu período de retorno entre 2, 5 e 10 anos, como mostra a Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Valores utilizados para o tempo de retorno

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	PERÍODO DE RETORNO – TR (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Aeroportos	2 a 5
	Comercial	5
	Áreas com Edifícios de Serviço Público	5
	Áreas Comerciais e Artérias de Tráfego	5 a 10

Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

4.5.4. Tempo de Concentração

O tempo de concentração é importante para a análise hidrológica em bacias hidrográficas, sendo essencial na estimativa de vazões máximas. Dentre todos parâmetros de tempo, o tempo de concentração é o mais utilizado (Mc Cuen et al., 1984; Wong 2009). O tipo de solo da bacia hidrográfica influencia de forma direta e os principais fatores analisados são o uso e a ocupação da mesma.

Silveira (2005) estudou a aplicação de diferentes fórmulas para o T_c , e, o definiu como sendo, em resumo, o tempo entre o fim da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto na bacia. Ou seja, o tempo que a última gota de chuva leva para chegar do ponto mais distante ao ponto onde a bacia hidrográfica termina. No nosso caso foi adotada a equação de Kirpich, Equação 3.

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 3}$$

L – Comprimento do curso d'água (km);

H – Diferença de cotas (m);

T_c – Tempo de concentração (h).

4.6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para proceder ao dimensionamento hidráulico das valetas, há necessidade de estimar a descarga de contribuição, utilizando-se o método racional, onde a área de drenagem é limitada pela própria valeta e pela linha do divisor de águas da vertente a montante.

4.6.1. Sarjetas

As sarjetas são canais localizados nas bordas das vias entre o leito viário e os passeios das calçadas, as mesmas são destinadas a coletar e conduzir as águas do escoamento

superficial direto ao ponto de captação que geralmente é uma boca de lobo. O tipo de seção da sarjeta irá depender da capacidade de vazão que o local terá que suportar, em geral, a mais adotada é a triangular (podendo ser também trapezoidal ou retangular). Devido a capacidade de escoamento das vazões, as sarjetas triangulares são bem aceita pois oferecem segurança ao trafego, porém a sua capacidade de escoamento é razoável.

Recomenda-se também que a velocidade mínima de escoamento seja maior que 0,5m/s e a máxima de 3,0m/s, e que a largura da sarjeta esteja entre 0,3m e 1,0m. A declividade média varia entre 2% e 3%, seu coeficiente de rugosidade irá depender do tipo de revestimento da via, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Rugosidade

Tipo de superfície	n
Sarjeta de concreto	0,016
Asfalto liso	0,013
Asfalto áspero	0,016
Pavimento de concreto liso	0,013
Pavimento de concreto áspero	0,015

Fonte: PCRJ (2010).

De acordo com a Equação 4, a capacidade de carga hidráulica suportada pelas sarjetas será verificada pela Formula de Manning modificada por Izzard:

$$Q_0 = 0,375 \times y_0^{8/3} \times Z \times \frac{I^{1/2}}{n} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Q_0 – vazão da sarjeta (m³/s);

y_0 – lâmina d'água na sarjeta (m);

Z – Inverso da declividade transversal (adimensional);

I – Declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

n – coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

Após calcular a capacidade da carga hidráulica é necessário aplicar um fator de correção em relação à declividade do terreno, como mostra a Tabela 4 e de acordo com a Equação 5:

$$Q = FR \times Q_0 \quad \text{Equação 5}$$

Equação de Manning (Equação da Continuidade)

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

V – Velocidade média de escoamento (m/s);

n – coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

R_h – raio hidráulico (m);

I – Declividade média (m/m).

O raio hidráulico (R_h) é obtido através da relação da área molhada (varia de acordo com a vazão de alimentação do canal) e o perímetro molhado (linha que limita a seção molhada junto às paredes e ao fundo do canal), como mostra a Equação 7:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

R_h – raio hidráulico (m);

A_m – área molhada (m²);

P_m – perímetro molhado (m).

De acordo com a Equação 8, a declividade média (I) é a diferença entre a altura dos dois principais pontos de captação (montante e jusante) em relação com o seu comprimento, medido no plano horizontal.

$$I = \frac{\Delta h}{L} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

I – Declividade média (m/m);

Δh – desnível do fundo do canal (m);

L – Comprimento do canal (m).

Velocidade de Escoamento em Sarjetas Triangulares (Equação da Continuidade)

$$V_0 = 0,958 \times \frac{1}{Z^{1/4}} \times \left(\frac{l^{1/2}}{n}\right)^{3/4} \times Q_0^{1/4} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

V_0 – velocidade de escoamento (m/s);

Z – Inverso da declividade transversal (adimensional);

l – Declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

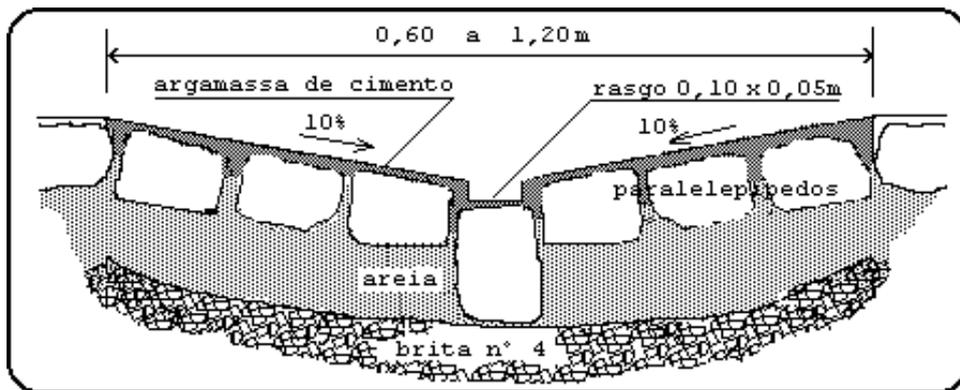
n – coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

Q_0 – vazão da sarjeta (m³/s).

4.6.2. Sarjetões

De acordo com a Figura 5, segundo Leal (2011) os sarjetões são canais de seção triangular longitudinais executados geralmente nas cotas mais baixas das vias públicas e nos encontros dos leitos viários; são construídos de modo a coletar e conduzir as águas superficiais até elementos de drenagem, como bocas de lobo, além de conectar sarjetas ou encaminhar efluentes para o sistema de águas pluviais. Se sua execução não for realizada com eficiência - ou se for dispensada, as águas podem ficar mais tempo na superfície, causando erosão na terra ou mesmo pontos de alagamento.

Figura 5 - Seção transversal típica de sarjetão.



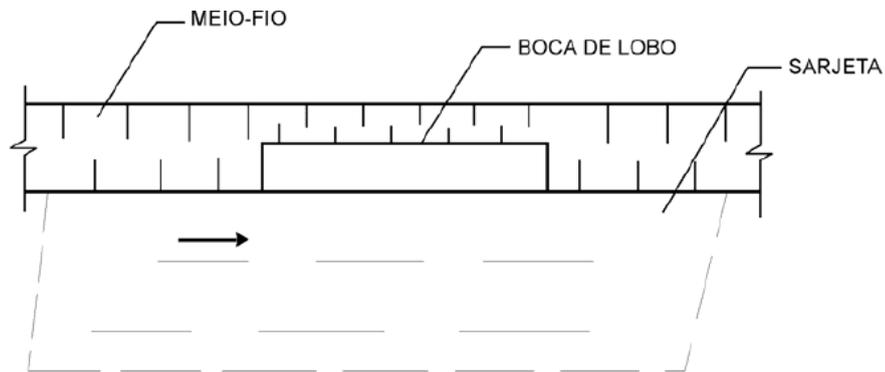
Fonte: SB Pavimentos e Pisos (2018).

4.6.3. Bocas de Lobo

De acordo com DNIT (2006) bocas de lobos são dispositivos especiais que tem finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para, em seguida, conduzi-las às galerias subterrâneas. Podem ser classificadas em dois tipos:

a) Simples: a caixa coletora fica situada sobre o passeio, com abertura vertical no meio fio (abertura denominada “chapéu”) para a entrada d’água que escoa, é indicada para locais com baixa declividade longitudinal e em vias com tráfego intenso, a sua capacidade de escoamento está em função da rapidez de mudança de fluxo da sarjeta (Figura 6);

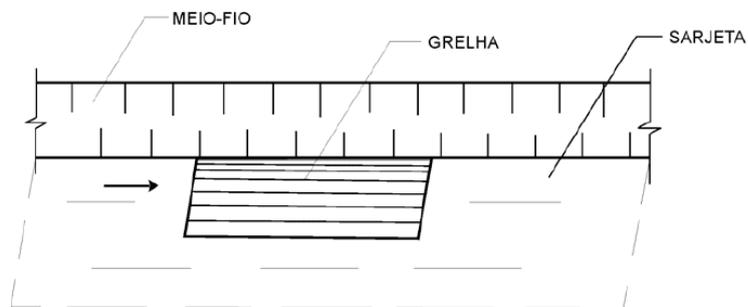
Figura 3 - Boca de lobo simples.



Fonte: DNIT (2006).

b) Com grelha: a caixa coletora fica situada sob a faixa da sarjeta, indicada para locais com alta declividade (Figura 7);

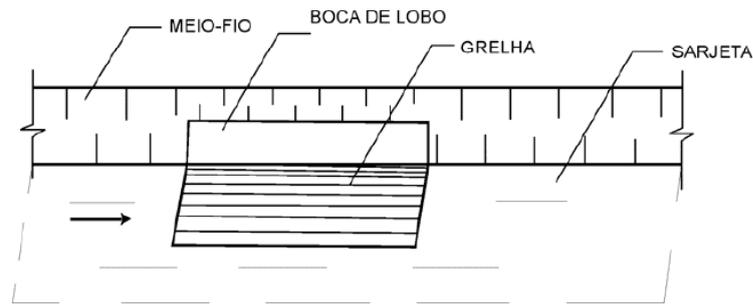
Figura 4 - Boca de lobo com grelha.



Fonte: DNIT (2006).

c) Em alguns casos podem haver a junção dos dois tipos (Figura 8);

Figura 5 - Boca de lobo mista



Fonte: DNIT (2006).

Podem ser classificadas também de acordo com a sua localização nas sarjetas:

- a) Situadas em pontos intermediários: localizados em pontos contínuos e de declividade contínua, onde a entrada do escoamento ocorre em apenas uma das extremidades da boca de lobo;
- b) Situadas em pontos baixos ou na curvatura das guias no cruzamento das vias: quando a entrada d'água ocorre através das duas extremidades da boca de lobo.

Segundo DNIT (2006) A principal desvantagem das grelhas é a sua obstrução com detritos transportados pelas enxurradas, acarretando redução substancial em sua capacidade de esgotamento.

4.6.3.1. Boca de lobo simples em pontos baixos na sarjeta

O funcionamento da boca de lobo irá depender das duas condições de escoamento, que pode ser, com a superfície livre, onde ela se comporta como um vertedor ou afogado, onde ela se comporta como um orifício.

Para a determinação da capacidade de engolimento da boca de lobo simples situada em pontos baixos de sarjeta, sendo o mesmo válido tanto para o escoamento como superfície livre (onde a boca de lobo funciona como vertedor) como para o escoamento afogado (onde a boca de lobo funciona como orifício).

De acordo com o acumulo d'água, o cálculo da capacidade de engolimento pode variar:

- 1) Para lâminas d'água com altura da abertura da boca de lobo ($y/h \leq 1$), funciona como um vertedor, onde a sua capacidade de engolimento é calculada pela equação 10:

$$\frac{Q}{L} = 1,703 \times y^{3/2}$$

Equação 10

Onde:

Q – Vazão máxima esgotada pela boca de lobo (m^3/s);

L – Comprimento da abertura (m);

y – Altura da água na entrada da boca de lobo (m).

2) Para laminas d'água maiores ou iguais a duas vezes a altura da abertura da boca de lobo ($y/h \geq 2$), funciona como orifício, sendo a sua capacidade de engolimento é calculada pela equação 011, onde $y' = y - (h/2)$:

$$\frac{Q}{L} = 3,101 \times h^{3/2} \times \left(\frac{y'}{h}\right)^{1/2} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

Q – Vazão máxima esgotada pela boca de lobo (m^3/s);

L – Comprimento da abertura (m);

h – altura da abertura da boca de lobo (m);

y' – carga no meio da abertura do meio fio (m).

3) Para bocas de lobo onde a altura da lâmina d'água for maior que 1 e menor que dois em relação a abertura da boca de lobo, o seu funcionamento está indefinido, sendo adotado um valor no nomograma que esteja neste intervalo.

4.6.3.2. Boca de lobo simples em pontos intermediários na sarjeta

De acordo com DNIT (2006) para a determinação da capacidade de esgotamento da boca-de-lobo simples em "pontos intermediários das sarjetas", como mostra a Figura 9, pode ser usada equação 12, obtida através de pesquisas desenvolvidas pela Universidade John Hopkins:

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \times y \times \sqrt{g \times y} \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

Q – Vazão máxima esgotada pela boca de lobo (m^3/s);

L – Comprimento da abertura (m);

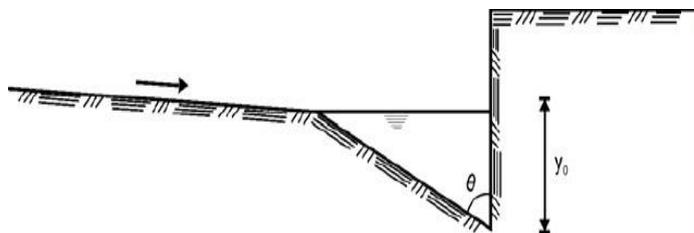
K – Parâmetro que é função do ângulo θ de acordo com a tabela 7; (adimensional);

C – Constante; igual a zero para boca de lobo sem depressão; (adimensional);

y_0 – Altura (Figura 9) do fluxo na sarjeta imediatamente antes da boca de lobo, igual a y_0 para boca de lobo sem depressão (m);

g – Aceleração da gravidade (m/s^2).

Figura 6- Seção transversal de sarjeta na entrada de boca de lobo.



Fonte: DNIT (2006).

Tabela 7 - Valores do parâmetro K em função do ângulo.

Tangente θ	K
12	0,23
24	0,2
48	0,2

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias – 2ª Edição, do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT.

4.6.3.3. Bocas de lobo com grelha em pontos baixos na sarjeta

Para este tipo de boca de lobo, a grelha funciona como vertedouro de soleira livre, onde a altura da lâmina d'água pode possuir dois comportamentos:

1) Quando a altura da lâmina d'água for menor a 12cm, a grelha se comporta como vertedor de soleira livre, calcula-se pela equação 13;

$$\frac{Q}{P} = 1,65y^{1,5} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

Q/P = Vazão linear por metro linear de perímetro da boca de lobo;

y = Altura da lâmina d'água da boca de lobo;

2) Quando a altura da lâmina d'água for maior que 42cm, a grelha se comporta como orifício, calcula-se pela equação 14;

$$\frac{Q}{A} = 2,91y^{0,5} \quad \text{Equação 14}$$

Q/A = Vazão por metro quadrado de área de abertura da grelha, excluindo as áreas ocupadas pelas barras;

y = Altura da lâmina d'água da boca de lobo;

Devido a redução da capacidade de esgotamento causados por distritos carregados pela água, irregularidades das vias e diferença de projeto é necessário aplicar o coeficiente de redução (tabela 07) nos valores calculados.

3) Para alturas no intervalo de 12 a 42cm o funcionamento das grelhas é indefinido, deve ser descontado no cálculo do perímetro as barras internas e as laterais que a água não passa, já para a área das aberturas deve ser descontado a área total das barras.

Segundo o DNIT (2006) a capacidade teórica de esgotamento das boas de lobo combinadas é, aproximadamente, igual ao somatório das vazões pela grelha e pela abertura do meio fio, consideradas isoladamente.

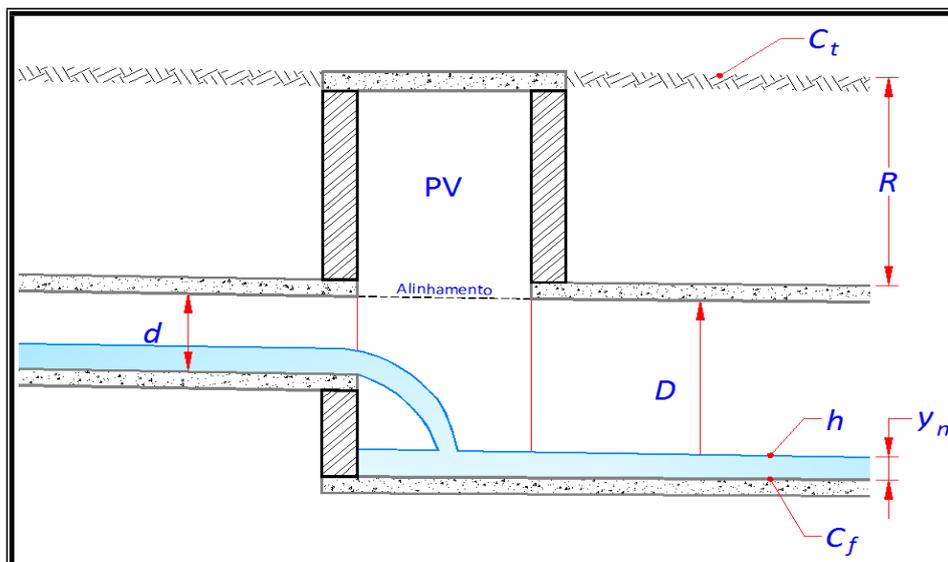
4.6.4. Galerias

As galerias são canalizações públicas utilizadas para a condução das águas pluviais oriundas das bocas de lobo e de ligações particulares. Sua seção transversal mais típica é a circular, podendo-se apresentar nos diâmetros nominais (DNs) de 300, 400, 500, 600, 1000, 1200 e 1500 mm.

No dimensionamento das redes de drenagem com galeria, devem ser seguidas algumas recomendações técnicas, dentre elas destacam-se:

- a) Para canalizações de concreto armado, devem ser estabelecidas como velocidades limites, 0,60 m/s e 5,00 m/s para a mínima e a máxima respectivamente;
- b) A lâmina d'água calculada deverá estar no intervalo que vai de 20% a 85% do diâmetro do coletor;
- c) No caso do emprego de tubulações sem reforço estrutural, o recobrimento mínimo deverá ser de 1,0 m;
- d) Quando houver mudança do diâmetro das canalizações, estas deverão ser alinhadas pela sua geratriz interna superior – ver Figura 10.

Figura 7 - Corte longitudinal do encontro de coletores de diâmetros distintos com PV.



Fonte: Cruz (2012).

4.6.4.1. Dimensionamento das galerias

a) Poço de visita

- **Coluna 01 – Número do poço (Nº):** Numeração dos poços de visita de montante para jusante;
- **Coluna 02 – Terreno (C_m):** Indicação da cota do terreno no local;
- **Coluna 03 – Fundo (C_f):** Indicação da cota de fundo do coletor no encontro com o correspondente poço de visita – PV;
- **Coluna 04 – Recobrimento (R):** Indicação do recobrimento do coletor, sendo este definido como a distância vertical entre o greide no centro do poço de visita e o prolongamento da geratriz superior externa do coletor. Esta distância não deve ser inferior a 0,60 metros;

b) Deflúvio a escoar pela jusante:

- **Coluna 05 – Área de contribuição local (A):** As áreas de contribuição dos poços de visita previstos para o sistema de drenagem;
- **Coluna 06 – Coeficiente de impermeabilidade (r):** o grau de impermeabilização (Tabela 8) irá depender do grau de impermeabilização do local;

Tabela 8 - Coeficiente de impermeabilização

ÁREA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	r
Zona rural	0,25
Zona urbana	0,4
Zona residencial urbana	0,6
Áreas muito urbanizadas	0,8

Fonte: DNIT (2006).

- **Coluna 07 – Área de contribuição total (A_t):** é feito o somatório das áreas de contribuição locais, em hectares, para cada poço de visita contribuinte, de forma cumulativa, onde a área local é o poço de visita mais a montante;

- **Coluna 08 – Coeficiente de distribuição (C_d):** para áreas com área de contribuição menor ou igual a 1 hectare, pode ser adotado o fator igual a 1 e para áreas com área de contribuição deverá ser calculado de acordo com a equação 15:

$$C_d = \left(\frac{1}{A_c}\right)^{0,15} \quad \text{Equação 15}$$

- **Coluna 09 – Tempo de concentração (t_c):** compreende ao tempo inicial de entrada, ou espaço de tempo necessário para o escoamento superficial alcançar a primeira boca de lobo a montante, e ao tempo de percurso, sendo esse o intervalo de tempo decorrido desde a entrada no sistema até o ponto sob análise.

- **Coluna 10 – Intensidade pluviométrica (i):** quantidade de precipitação associada a uma frequência e duração em que a chuva é igual ao seu tempo de concentração, sendo a razão entre a precipitação com o intervalo de tempo em que a mesma tem duração, a sua intensidade é determinada através da curva IDF ou por equações adotadas de acordo com o local do estudo hidrológico;

- **Coluna 11 – Coeficiente de deflúvio (f):** pode ser obtido através do gráfico ou pela equação 16:

$$f = a(it)^{1/3} \quad \text{Equação 156}$$

Onde:

f – coeficiente de deflúvio (adimensional);

a – fator função dos coeficientes de impermeabilidade (adimensional);

i – intensidade pluviométrica (mm/h);

t – duração da chuva (min).

- **Coluna 12 – Deflúvio parcial (D_p):** obtido através do método racional, leva em consideração a área de contribuição (ha), o coeficiente de distribuição, a intensidade pluviométrica (mm/h), o coeficiente de deflúvio e 2,78 (fator numérico de conversão de unidades);

- **Coluna 13 – Deflúvio total a escoar (D_t):** determinado através do somatório dos deflúvios parciais de forma cumulativa. Para o poço de visita mais a montante, o deflúvio total é dado pelo próprio deflúvio parcial, uma vez que não existem contribuições de trechos anteriores;

c) Galeria de jusante

- **Colunas 14 – Declividade (I):** será a diferença das cotas de cada trecho dividido pelo seu comprimento correspondente, Equação 8;

- **Colunas 15 – Diâmetro (D):** diâmetro comercial;

- **Coluna 16 – Profundidade normal (y_n):** relaciona o tirante normal e o diâmetro do tubo, até que a vazão encontrada seja igual à vazão de projeto;

- **Coluna 17 – Enchimento – y_n/D :** Determinação do enchimento do coletor, expresso em porcentagem, sendo esse a razão entre a profundidade normal e o seu diâmetro;

- **Coluna 18 – Área molhada – A_m :** Cálculo da área molhada do coletor, sendo a mesma definida como a seção transversal ocupada pela água (Figura 8) e pode ser calculada pela equação 17:

$$A_m = \frac{D^2}{8} \times \left[2 \times \arccos \left(1 - 2 \times \frac{y}{D} \right) - 4 \times \left(1 - 2 \times \frac{y}{D} \right) \times \sqrt{\frac{y}{D} \times \left(1 - \frac{y}{D} \right)} \right] \quad \text{Equação 167}$$

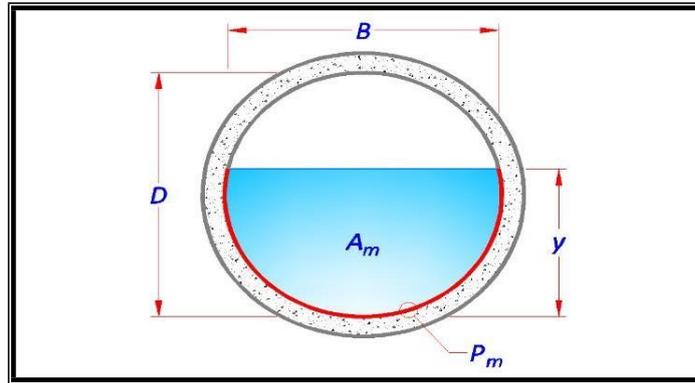
Onde:

A_m – área molhada (m²);

D – diâmetro do coletor (m);

y – lâmina d'água no coletor (m).

Figura 8 - Seção transversal de coletor com indicação dos parâmetros hidráulicos, diâmetro (D), lâmina d'água (y), largura superficial (B), área molhada (Am) e perímetro molhado (Pm).



Fonte: Cruz (2012).

• **Coluna 19 – Perímetro molhado – P_m :** linha que limita a área molhada junto às paredes internas do conduto, o seu cálculo é em função da sua lâmina d'água e pode ser feito com a Equação 18:

$$P_m = D \times \arccos \left(1 - 2 \times \frac{y}{D} \right) \quad \text{Equação 18}$$

Onde:

P_m – Perímetro molhado (m);

D – Diâmetro do coletor (m);

y – lâmina d'água no coletor (m).

• **Coluna 20 – Raio hidráulico – R_h :** razão entre a área molhada e o correspondente perímetro molhado do coletor, de acordo com a equação 07;

• **Coluna 21 – Velocidade de escoamento – V :**

$$Q = A_m \times V \quad \text{Equação 19}$$

Onde:

Q – Deflúvio a escoar (m³/s);

A_m – área molhada da seção do coletor (m²);

V – Velocidade de escoamento (m/s).

• **Coluna 22 – Número de Froude – Fr :** parâmetro hidráulico adimensional número de Froude (Fr), através da equação e de acordo com o valor encontrado pode ser classificado em três categorias, mostradas na Tabela 9 e calculado pela equação 20:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \times y}}$$

Equação 20

Onde:

F_r – número de Froude (adimensional);

V – velocidade de escoamento (m/s);

g – aceleração da gravidade (m/s²);

y – lâmina d'água no coletor (m).

Tabela 9 - Número de Froude

Escoamento	F_r
Subcrítico	<1
Critico	=1
Supercritico	>1

Fonte: PCRJ (2010).

- **Coluna 23 – Extensão (L):** determina o comprimento de cada trecho coletor;
- **Coluna 24 – Tempo de percurso (T_e):** razão entre o comprimento do trecho do montante com a velocidade de escoamento, como mostra a equação 21;

$$t_p = \frac{1}{60} \times \frac{L}{V}$$

Equação 21

4.6.5. Bacias de detenção

Para o dimensionamento da bacia de detenção recorreu-se ao método do hidrograma universal do método racional, apresentado por Tomaz (2013). Para se obter o mesmo temos que ter o tempo de concentração t_c e o deflúvio total ou vazão de pico D_t . A relação entre t/t_c e Q/D_t está na Tabela 10. A partir do hidrograma é possível chegar ao volume total da bacia de detenção.

Tabela 10 - Valores admissionais de t/t_c e Q/D_t

t/t_c	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
Q/Q_p	0,00	0,21	0,30	1,00	0,54	0,39	0,25	0,18	0,15	0,14	0,13	0,00

Fonte: TOMAZ (2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos estudos realizados foi dimensionado uma proposta de projeto de drenagem para o campus sertão.

5.1. Dados pluviométricos

Para o tempo de retorno de 5 anos a intensidade pluviométrica é de 81mm/h, dessa maneira podemos estimar as alturas das precipitações de acordo com os valores da duração, como mostra a Tabela 11:

Tabela 11 - Altura de chuva (mm) estimada com base nas relações entre durações.

ALTURA DE CHUVA ESTIMADA (mm)				
TEMPO DE RETORNO (anos)				
1 dia	24 horas	1 hora	30 min	10 min
81,9	93,37	39,22	29	15,66

Fonte: Alcântara Junior (2016)

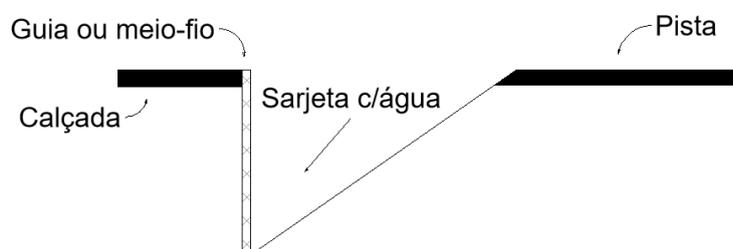
Assim, um período de retorno de 5 anos vai possuir uma intensidade de chuva de 93,96 mm/h com intensidade de 10 min.

5.2. Dimensionamento

5.2.1 Sarjetas

As sarjetas, como mostra a Figura 9, serão dimensionadas com comprimento de 15 cm e altura de 15cm, de acordo com a Tabela 12, apenas o primeiro trecho da Avenida Universitária suporta o volume de escoamento gerado durante o pico da chuva, sendo necessário acrescentar boca de lobo nos outros trechos, para reduzir o fluxo.

Figura 9 - Sarjeta triangular



Fonte: Autor (2019).

Tabela 12 - Dimensionamento das sarjetas

Via Pública	Trecho	Cota (m)		Δh (m)	L (m)	i (m/m)	Tc (min)	Ac (m ²)	C	Qp (l/s)	Qt (l/s)	Capacidade da Sarjeta Cs (l/s)	V (m/s)	Condição (Cs >= Qt)
		Inicial	Final											
Avenida Universitária	1,00	249,00	248,00	1,00	19,17	0,05	0,59	461,30	0,83	9,93	9,93	36,27	2,71	Sim
	2,00	250,00	249,00	1,00	42,61	0,02	1,49	3371,83	0,18	15,40	25,33	24,33	1,82	Não
	3,00	249,50	248,00	1,50	55,56	0,03	1,73	2620,66	0,45	30,78	30,78	26,09	1,95	Não
	4,00	252,50	249,50	3,00	129,22	0,02	3,51	10801,66	0,45	126,87	126,87	24,20	1,81	Não
	5,00	254,00	252,50	1,50	87,87	0,02	2,94	10188,21	0,45	119,66	119,66	20,75	1,55	Não
	6,00	255,50	254,00	1,50	89,97	0,02	3,02	12074,47	0,45	141,81	141,81	20,50	1,53	Não
Avenida Diagonal	1,00	253,50	249,50	4,00	139,86	0,03	3,45	12591,99	0,60	197,19	197,19	26,86	2,01	Não
	2,00	253,50	252,00	1,50	38,07	0,04	1,12	4537,64	0,60	71,06	184,93	31,52	2,36	Não
Avenida Olímpica	1,00	251,50	250,00	1,50	89,97	0,02	3,02	8846,41	0,60	138,53	138,53	20,50	1,53	Não
	2,00	253,50	251,50	2,00	87,18	0,02	2,61	9686,03	0,60	151,68	310,08	24,05	1,80	Não
Alameda do Sertão	1,00	254,00	251,50	2,50	142,86	0,02	4,23	10114,90	0,60	158,40	158,40	21,01	1,57	Não
Alameda da Pedra	1,00	253,00	252,00	1,00	142,86	0,01	6,02	7271,51	0,60	113,87	113,87	13,29	0,99	Não

Fonte: Autor (2018).

- Coluna 1 – localização da via pública;
- Coluna 2 – trecho dimensionado;
- Coluna 3 – cota de inicial e final do trecho;
- Coluna 4 – diferença de cotas;
- Coluna 5 – comprimento do trecho;
- Coluna 6 – declividade do trecho;
- Coluna 7 – tempo de concentração da chuva;
- Coluna 8 – área de contribuição;
- Coluna 9 – coeficiente de escoamento;
- Coluna 10 – vazão parcial de projeto;
- Coluna 11 – vazão total de projeto;
- Coluna 12 – capacidade da sarjeta;
- Coluna 13 – velocidade de escoamento;
- Coluna 14 – condição da sarjeta (quando a vazão total de projeto tem que ser menor do que a capacidade da sarjeta).

5.2.2 Sarjetão

Será acrescentado apenas um sarjetão, como mostra a Figura 10, localizado entre o trecho 1 e 2 da Avenida Universitária, como mostra a planta em anexo e possuirá altura de 15cm e comprimento de 100cm.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com a Tabela 13, podemos ver que a vazão de projeto é menor que a capacidade do sarjetão.

Tabela 13 - Dimensionamento do sarjetão.

Cruzamento (Trecho)	Vazão de Projeto (l/s)	Capacidade do Sarjetão C (l/s)	Condição (C >= Q)
Avenida Universitária – Trecho 1 x Trecho 2	9,933	35,313	Sim

Fonte: Autor (2018).

5.2.3 Boca de Lobo

Como mostra a Tabela 18 em anexo, o tipo e a quantidade das bocas de lobo, sem grelhas, serão determinadas através da comparação da sua capacidade de engolimento e da vazão total de projeto, assim como, a sua localização pode ser vista de acordo com a figura, em anexo.

5.2.1. Boca de lobo simples em pontos baixos da sarjeta

De acordo com a Equação 10 iremos calcular a capacidade de engolimento, onde o seu comprimento será de 80cm e a altura da sarjeta de 15cm. Este tipo de boca de lobo é utilizado quando a vazão total de projeto é inferior à sua capacidade de engolimento, sem necessidade de acrescentar a intermediária.

5.2.2. Boca de lobo simples em pontos intermediários da sarjeta

De acordo com a Equação 12 iremos calcular a capacidade de engolimento, onde o seu comprimento será de 80cm, a altura da sarjeta de 15cm, o valor do parâmetro em função do ângulo foi retirado da tabela 7, o valor da constante será zero, pois estamos considerando uma boca de lobo sem depressão e a gravidade será igual a $9,81\text{m}^2/\text{s}$. Este tipo de boca de lobo é usada quando a de ponto baixo não suporta a vazão de pico, tendo que redistribuir o sistema. De acordo com a localização da boca de lobo a sua vazão será comparada com a sua vazão total de projeto, dessa maneira é determinado se será boca de lobo simples ou dupla, em pontos baixo ou intermediário. As bocas possuíram comprimento de 80cm e altura de 15cm.

Tabela 14 - Capacidade da boca de lobo

Boca de Lobo	Ponto Baixo	Ponto Intermediário
Capacidade de Engolimento (L/s)	80	30

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 14, mostra a localização e o tipo de boca de lobo utilizada, onde ela pode variar de acordo com a vazão total gerada durante o pico de chuva. A sua quantidade é determinada fazendo uma distribuição das bocas de lobo até atingir uma vazão igual ou superior a de projeto.

6. Galeria

De acordo com a Tabela 19 e 20 em anexo, mostra o dimensionamento detalhado das galerias e na planta em anexo os seus respectivos locais:

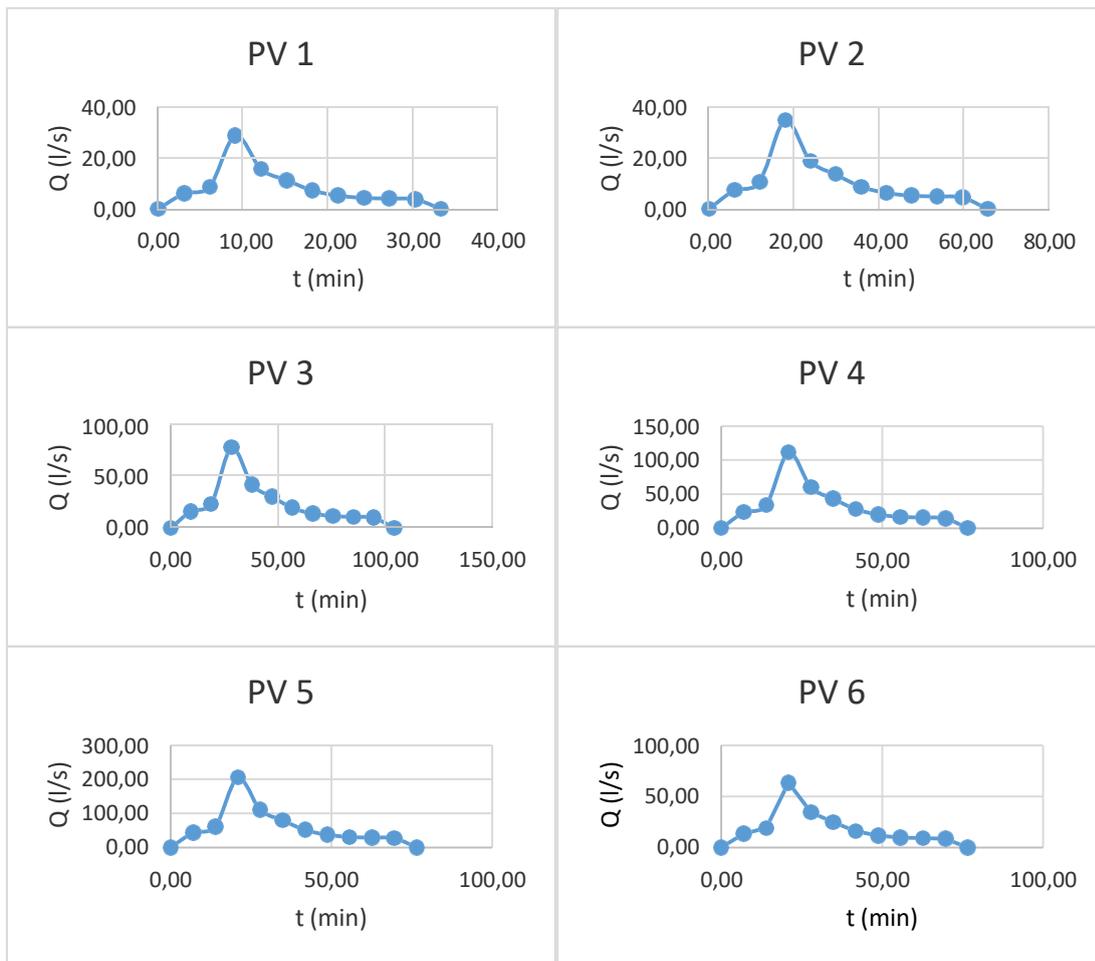
- O projeto possuirá sete poços de visitas, nos que não houver reforço estrutural o seu recobrimento deverá ser no mínimo de 1,00m;
- O grau de impermeabilização para zona urbana é de 0,4,
- O coeficiente de distribuição para áreas menores ou iguais a 1ha pode ser adotado o valor de 1,00, já para áreas maiores deverá ser calculado de acordo com a equação 14;
- O tempo de concentração da chuva;
- A intensidade da chuva é de 93,93mm/h como mostra o item 5.1;
- O coeficiente de deflúvio pode ser obtido pela Equação 16
- O deflúvio parcial através do Método Racional, Equação 2;
- O deflúvio total é o somatório do poço de visita com o seu montante;
- A declividade através da Equação 17;
- Diâmetro comercial, quando houver mudança do diâmetro das canalizações deverá ser alinhado a sua geratriz interna superior;
- Altura do tirante, indicado estar no intervalo de 12 a 42cm;
- Lâmina d'água calculada que deve estar no intervalo de 20 a 85% do diâmetro coletor;
- Área molhada calculada pela Equação 18;
- Perímetro molhado calculado pela Equação 19;
- Raio hidráulico é a razão entre a área e o perímetro molhado, Equação 7;
- Velocidade limites de escoamento, calculada pela Equação 20 e deve estar no intervalo de 0,6 a 5,0m/s;
- Número de Froude através da Equação 21 ou Tabela 9;
- Comprimento da galeria;
- Tempo de percurso através da Equação 22.

6.1. Bacia de detenção

Como o campus apresenta um terreno não uniforme, foram dimensionadas duas bacias de detenção, na Tabela 19 e 20 mostra o dimensionamento completo de cada galeria.

O Gráfico 1 mostra os histogramas de cheias do PV 1 ao 6, que são referentes a Bacia de Detenção 1.

Gráfico 1 - Hidograma de Cheias da Bacia de Detenção 1



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 15, está o volume de captação de cada PV, que será direcionado para a Bacia de Detenção 1, localizada a do lado direito do campus (sentido entrada). Terá um volume total de 3.194,51m³, sabendo-se que o local será dimensionado de forma retangular, a bacia possuirá profundidade de 2,0m e dimensões de 25x55m, com um volume final de 3.250m³.

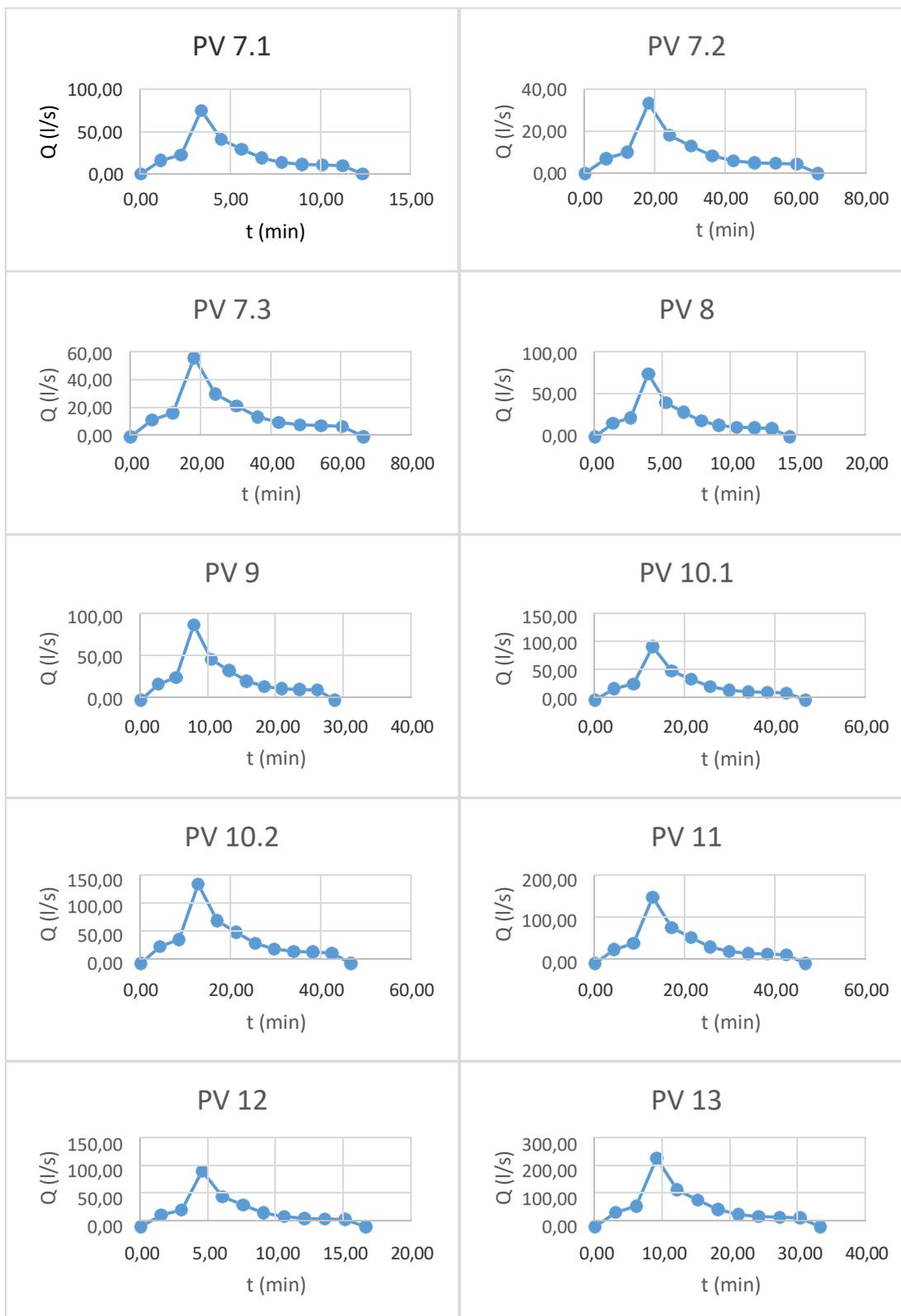
Tabela 15 - Volume de Escoamento da Bacia de Detenção 1

BACIA DE DETENÇÃO 1	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5	PV6
VOLUME (m ²)	75,32	179,67	649,72	671,26	1236,37	382,17

Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 2 mostra os histogramas de cheias do PV 7.1 ao 13, que são referentes a Bacia de Detenção 2.

Gráfico 2 - Hidogramas de Cheias da Bacia de Detenção 2



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 16 e 17, está o volume de captação de cada PV, que será direcionado para a Bacia de Detenção 2, localizada a do lado esquerdo do campus (atrás das

unidades acadêmicas). Terá um volume total de 3.057,63m³, sabendo-se que o local será dimensionado de forma retangular, a bacia possuirá profundidade de 1,5m e dimensões de 30x70m, com um volume final de 3.150m³.

Tabela 16 - Volume de Escoamento Bacia de Detenção 2 (parte 1)

BACIA DE DETENÇÃO 2	PV7.1	PV7.2	PV7.3	PV8	PV9
VOLUME (m²)	73,10	174,42	295,21	84,85	202,78

Fonte: Autor (2018).

Tabela 17 - Volume de Escoamento Bacia de Detenção 2 (parte 2)

BACIA DE DETENÇÃO 2	PV10.1	PV10.2	PV11	PV12	PV13
VOLUME (m²)	351,04	521,38	580,70	130,84	643,31

Fonte: Autor (2018).

7. CONCLUSÃO

Com o passar dos anos a implantação de sistemas de drenagem estão se tornando cada vez mais importantes, devido ao crescimento acelerado dos centros urbanos, o uso de medidas estruturais e não-estruturais são formas de prevenir inundações em épocas de cheias, prevenir a impermeabilização do solo, a preservação das áreas verdes, entre outras.

Devido a topografia não plana do terreno e da disponibilidade de área para implantação, foram dimensionadas duas bacias de retenção através do Método Racional, onde todos os valores obtidos foram considerados satisfatórios. Tais fatores como a área de contribuição de cada via para determinação do tipo e quantidade das bocas de lobo, de acordo com a sua capacidade de engolimento, direcionando o seu fluxo para os poços de visita, posteriormente para as galerias e suas bacias foram considerados de suma importância para o dimensionamento do sistema, que teve como objetivo principal a redução dos locais de alagamento em épocas de cheias.

8. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Propostas de urbanização para os locais onde ficarão localizadas as Bacias de Detenção, pois, em muitos lugares esses locais são readaptados para locais de esportes e lazer;
- Sistema de tratamento para a reutilização da água captada, como para irrigação e uso não doméstico;
- Proposta de orçamento para implantação do sistema.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA JR. A. C. “ **Viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas**”. Trabalho de conclusão de curso, 2016, p. 123.

BACIENSE, J. M. “ **Avaliação de técnicas compensatórias em drenagem urbana baseadas no conceito de desenvolvimento de baixo impacto, com o apoio de modelagem matemática**”. Trabalho de conclusão de curso, 2013, p.144.

BAIXAR MAPAS. **Mapa de Alagoas**. Disponível em: Acesso em: 28 de março de 2018.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BARBOSA, F. A. R. “ **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**”. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre, 2006, p.115.

BARROS, M. T. L. de. **Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento**. In: PHILIPPI JR, A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

BICHANÇA, M. F. “ **Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações externas: cheias e secas**”. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do grau de mestre em Vias de Comunicação. 2006, p.142.

CACHOLI, A. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2ª ed.** Disponível em: < <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/controle-de-enchentes-medidas-estruturais-e-nao-estruturais/>>. Acesso em agosto de 2018

CRUZ, M. A. S., TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L.; Controle do escoamento com detenção em lotes urbanos. RBRH. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 3, n.4, p. 19-31, 1998.

DNIT (2006). **Manual de Drenagem de Rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Publicação IPR-724.

GOLSALEZ, F. C. G. “ **Projeto de drenagem sustentável para mitigação de cheias na bacia do rio quitandinha, em Petrópolis, RJ**”. Trabalho de conclusão de curso (2014). p. 89.

IBGE, <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/delmiro-gouveia/panorama>>. Acesso em 11 de agosto de 2018.

LEAL, U. (2011) Saneamento. **Sarjetões de concreto armado**. Dimensionamento e especificação do material dependem da capacidade hidráulica e de tráfego previstos para a via. Revista Infraestrutura Urbana. Edição 6. Disponível em: < <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1.aspx>>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

LEOPOLD, L. B., 1968, **Hydrology for Urban Land Planning – A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use**, U.S. Geological Survey Circular 544, United States Department of Interior, Washington, 18p.

MC CUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W. J., (1984). **Estimating urban time of concentration**. Journal of Hydraulic Engineering 110 (7), pp 887-904.

MELO, G. M. I. “**Dimensionamento de reservatórios de retenção como controle do escoamento superficial na zona de expansão em Aracaju**”. Trabalho de conclusão de curso, 2016, p. 54.

MIGUEZ, M. G., MAGALHÃES, L. P. C., “**Urban Flood Control, Simulation and Management: an Integrated Approach**”. In: Pina Filho, A. C., Pina, A. C. (eds), *Methods and Techniques in Urban Engineering*, 1 ed., chapter 10, India, Intech, 2010.

OLIVAL, C. A. *et. al.* “**Sistemas de drenagem sustentáveis**”. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2017, p.16.

OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, R. J. A. R.; LEÃO, J. C.; ROCHA, B. S.; REIS, F. W. N. **Estudo das Chuvas Intensas - Estado Do Piauí**. XIII Simpósio De Recursos Hídricos do Nordeste. (2016)

PCRJ (2010). **Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Obras. Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas - Rio-Águas.

PEPITONE, C. **Drenagem Urbana – Parte 1**. Disponível em: <<http://arq.ap1.com.br/drenagem-urbana/>>. Acesso em: agosto de 2018.

PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Secretaria do Planejamento Municipal, 2005.

POLETO, C.; TASSI, R. Sustainable Urban Drainage Systems. In: **Drainage Systems**. INTECH, p.185, 2011. p. 81-103.

POMPÊO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 1, 2000.

PORTO, R.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. (org), **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, Editora da Universidade, Porto Alegre, p. 805-847, 2007.

RAMOS. C. L.; BARROS. M. T. L; PALOS. J. C. F. (Coordenadores). **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo, 1999.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. **Modelos hidrológicos para Gestão Ambiental. Ministério da ciência e tecnologia**. Instituto Nacional de pesquisas espaciais. (2000).

RIGHETTO, A. M. “**Manejo de águas pluviais urbanas**” 2009.

SB Pavimentos e Pisos. **Sarjetas e Sarjetões**. Disponível em: <<http://www.sbpisos.com.br/sarjeta-sarjetao.html>>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

SILVA. J.P. “**Estudos preliminares para implantação das trincheiras de infiltração**”. Dissertação de (Mestrado em Geotécnia). Universidade de Brasília, 2007.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 10 n.1 Jan/Mar 2005, 5-23.

TOMAZ, P. Curso de Manejo de Águas Pluviais. **Capítulo 2 – Método Racional**. (2013).

TOMAZ, P. Curso de Manejo de Águas Pluviais. **Capítulo 5 – Microdrenagem**. (2010).

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.) (2003). **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1º ed.; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre -RS.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. *Ciência e Cultura*, São Paulo, vol.55, no.4, 2003.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

Tucci, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.

WONG, T. S.W. (2009). **Evolution of kinematic wave time of concentration formulas for overland flow**. *Journal of Hydrologic Engineering* 14 (7), pp. 739-744.

APÊNDICE

Tabela 18 - Localização das bocas de lobos

Via Pública	Trecho	Vazão de Projeto Total Qt (l/s)	Dispositivo	Localização	Boca de lobo (l/s)
Avenida Universitária	1	9,93	-	-	-
	2	25,33	BLS	Uma boca de lobo simples em ponto baixo	80,00
	3	23,48	BLS	Uma boca de lobo simples em ponto baixo	80,00
	4	126,87	BLS/BLD	Uma boca de lobo simples em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	140,00
	5	119,66	BLS/BLD	Uma boca de lobo simples em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	140,00
	6	141,81	BLD	Uma boca de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	220,00
Avenida Diagonal	1	197,19	BLD	Uma boca de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	220,00
	2	166,14	BLD	Uma boca de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	220,00
Avenida Olímpica	1	201,17	BLS/BLD	Uma boca de lobo dupla e uma simples em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	300,00
	2	336,7	BLD	Duas bocas de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	380,00
Alameda do Sertão	1	180,32	BLD	Uma boca de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	220,00
Alameda da Pedra	1	129,53	BLD	Uma boca de lobo dupla em ponto baixo / Uma boca de lobo dupla em ponto intermediário	220,00

Fonte: Autor (2018).

Tabela 19 - Dimensionamento dos PV's (parte 1)

POÇO DE VISITA			DEFLÚVIO A ESCOAR PARA JUSANTE										GALERIA DE JUSANTE										
LOCAÇÃO	COTAS NO POÇO (m)		R (m)	BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO PARCIAL						D_t (l/s)	I (m/m)	D (m)	y_n (m)	y_n/D (%)	A_m (m ²)	P_m (m)	R_h (m)	V (m/s)	Fr	L (m)	t_p (min)
Nº	C_m	C_j		A (ha)	r	A_t (ha)	C_d	t_c (min)	i (mm/h)	f	D_p (l/s)												
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01	255,50	254,00	1,280	1,08	0,4	3,31	0,71	9,47	93,96	0,28	48,95	66,18	0,08	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	2,46	1,96	36,96	0,25
02	254,00	251,50	2,280	1,26	0,4	4,57	0,75	6,96	93,96	0,25	61,89	128,07	0,06	0,30	0,16	53%	0,04	0,49	0,08	3,34	2,67	70,34	0,35
03	252,50	249,50	2,78	0,26	0,4	0,26	1,00	6,96	93,96	0,25	17,23	145,30	0,11	0,40	0,16	40%	0,05	0,55	0,09	3,10	2,47	8,80	0,05
04	253,50	249,50	3,67	0,34	0,4	0,60	1,00	6,96	93,96	0,25	22,17	22,17	0,05	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	0,82	0,66	19,22	0,39
05	249,50	248,50	0,57	0,45	0,4	1,05	1,00	1,12	93,96	0,14	16,22	16,22	0,07	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	0,60	0,48	20,35	0,56
06	249,00	248,00	0,78	0,73	0,4	1,78	1,00	6,02	93,96	0,24	45,56	61,78	0,01	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	2,29	1,83	34,55	0,25
07.1	253,50	252,00	1,48	0,32	0,4	2,10	1,00	6,02	93,96	0,24	20,23	82,01	0,04	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	3,04	2,43	48,24	0,26
07.2	252,50	252,00	0,48	0,32	0,4	2,43	1,00	1,30	93,96	0,14	12,15	94,16	0,03	0,30	0,16	53%	0,04	0,49	0,08	2,46	1,96	38,61	0,26
07.3	251,00	249,00	1,97	1,08	0,4	3,31	0,71	9,47	93,96	0,28	48,95	66,18	0,08	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	2,46	1,96	36,96	0,25
08	249,00	248,00	0,97	1,26	0,4	4,57	0,75	6,96	93,96	0,25	61,89	128,07	0,06	0,30	0,16	53%	0,04	0,49	0,08	3,34	2,67	70,34	0,35

Fonte: Autor (2018).

Tabela 20 - Dimensionamento dos PV's (parte 2)

POÇO DE VISITA				DEFLÚVIO A ESCOAR PARA JUSANTE									GALERIA DE JUSANTE										
LOCAÇÃO		COTAS NO POÇO (m)		BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO PARCIAL						D_t (l/s)	I (m/m)	D (m)	y_n (m)	y_n/D (%)	A_m (m ²)	P_m (m)	R_h (m)	V (m/s)	Fr	L (m)	t_p (min)
Nº	C_m	C_j	R (m)	A (ha)	r	A_r (ha)	C_d	t_c (min)	i (mm/h)	f	D_p (l/s)												
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
09	249,00	248,00	0,96	0,32	1,4	2,75	1,00	2,61	93,96	0,18	15,30	109,46	0,04	0,30	0,16	53%	0,04	0,49	0,08	2,85	2,28	27,04	0,16
10.1	254,00	251,50	2,48	1,01	2,4	3,76	0,81	4,23	93,96	0,21	45,38	45,38	0,12	0,20	0,16	80%	0,03	0,44	0,06	1,68	1,34	21,06	0,21
10.2	251,50	250,00	1,46		3,4	3,76	1,00	4,23	93,96	0,21	0,00	154,84	0,05	0,40	0,16	40%	0,05	0,55	0,09	3,30	2,63	27,45	0,14
11	251,50	249,50	1,95	0,29	4,4	4,06	1,00	4,23	93,96	0,21	16,43	171,27	0,05	0,50	0,16	32%	0,05	0,60	0,09	3,16	2,52	42,00	0,22
12	251,00	250,00	0,93	0,29	5,4	4,35	1,00	1,51	93,96	0,15	11,65	182,92	0,01	0,60	0,16	27%	0,06	0,65	0,09	3,02	2,41	68,57	0,38
13	251,50	250,00	1,42	0,29	6,4	4,64	1,00	3,02	93,96	0,19	14,68	197,60	0,07	0,70	0,16	23%	0,07	0,70	0,09	2,98	2,38	21,00	0,12

Fonte: Autor (2018).

