



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mariah Maia Cintra

## ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MICRODRENAGEM PARA O CAMPUS DO CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANOS DE PALMAS POR MEIO DE IMAGEAMENTO AÉREO

Palmas-TO  
2018

Mariah Maia Cintra

ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MICRODRENAGEM PARA O CAMPUS DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANOS DE PALMAS POR MEIO DE  
IMAGEAMENTO AÉREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil pelo Centro Universitário Luterano de  
Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof .M.e Dênis Cardoso Parente

Palmas -TO  
2018

Mariah Maia Cintra

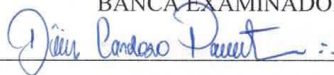
ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MICRODRENAGEM PARA O CAMPUS DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANOS DE PALMAS POR MEIO DE  
IMAGEAMENTO AÉREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil pelo Centro Universitário Luterano de  
Palmas (CEULP/ULBRA).

Aprovado em: 16 / 11 / 2018

Orientador: Prof. M.e Dênis Cardoso Parente

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.e Dênis Cardoso Parente

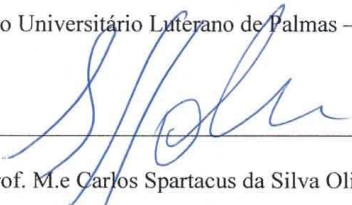
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof (a). Dr. Ângela Ruriko Sakamoto

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, aos meus familiares em nome dos meus pais, Marcos e Sandra pelo apoio incondicional durante todas as etapas da minha vida e por me proporcionado a melhor educação possível e por serem exemplos de amor, determinação, persistência e dignidade. E meu irmão Pedro pelo companheirismo;

Aos meus amigos e colegas de faculdade Frederico, João Neto, Lianne, Ademar, Wesley e Francisco, aos amigos da igreja a Hallana e os que conheci ao longo da vida, por sempre me ajudarem nos estudos, ouvirem, incentivarem e que sempre me aconselharam a não desistir mesmo com todas as dificuldades;

À Prof. mestre. Eng., Dênis Cardoso meu orientador, pela generosidade e paciência que me dispensou em todas as vezes que se fizeram as suas atenções para comigo, devo-lhe esse apoio de orientação, estímulo e amizade, o meu muito obrigada;

Aos demais professores do curso de Engenharia Civil, pelo comprometimento para um ensino de qualidade e pelos conhecimentos transmitidos a mim e aos meus colegas de curso ao longo da graduação;

Ao centro universitário luterano de palmas, pela estrutura acadêmica, qualidade de ensino, e pela oportunidade de poder me tornar um profissional respeitado.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”

Chico Xavier

## RESUMO

CINTRA, Mariah Maia. **Elaboração de projeto de microdrenagem para o campus do centro universitário luteranos de palmas por meio de imageamento aéreo 2018.** 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) no dimensionamento de rede microdrenagem no Campus do Centro universitário luterano de Palmas (CEULP), na cidade de Palmas-TO. Como ferramenta foi utilizado um VANT do modelo Ebee, softwares como eMotion 2 para plano de voo e o Terra 3D para o processamento de imagens, mosaicos de ortofotos e Modelo Digital de Superfície (MDS) da área em estudo. Por meio das imagens aéreas ortorretificadas obtidas, foram identificados os tipos de revestimentos e suas áreas, afim de identificar valores de escoamento por tipo de ocupação do solo retirados da bibliografia existente, através do PDDPA achar a equação do IDF e posteriormente calcular a vazão gerada no Ceulp/Ulbra, e por fim dimensionar a rede de microdrenagem. Os resultados encontrados mostram que as imagens aéreas obtidas e o ortomosaico gerado podem auxiliar de forma confiável, rápida, segura no cálculo da rede de drenagem, atestando que a plataforma VANT e os sensores passíveis de serem acoplados à elas podem servir adequadamente como tecnologia no estudo proposto. Mesmo apresentando elevado potencial e exatidão no levantamento dos quantitativos das superfícies, cabe destacar que as condições de voo e a presença de sombras podem interferir na qualidade das imagens geradas.

Palavras-chave: Veículo aéreo não tripulado (VANT), Ortomosaico Sistema de microdrenagem,

## **ABSTRACT**

The present work has the objective of analyzing the reliability of the use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the microdrainagem network design in the Campus of the Palmas Lutheran College, in the city of Palmas-TO. As a tool was used an VANT, model Ebee, software as eMotion 2 for flight plan and Terra 3D for image processing, orthophotos and Digital Surface Model (MDS) of the study area. By means of the orthorectified aerial images obtained, the types of coatings and their areas were identified, in order to identify flow values by type of soil occupation taken from the existing bibliography, through the PDDPA to find the equation of the IDF and later to calculate the flow generated in the Ceulp / Ulbra, and finally to size the microdrain network. The results show that the aerial images obtained and the generated ortomosaic can help in a reliable, fast and safe way in the calculation of the drainage network, attesting that the VANT platform and the sensors that can be coupled to them can adequately serve as technology in the study proposed. Even with high potential and accuracy in the survey of the quantitative of the surfaces, it should be noted that flight conditions and the presence of shadows may interfere with the quality of the images generated.

Keywords: Unmanned aerial vehicle (UAV), Ortomosaico, Microdrainage system.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Tendência de ocupação e impacto.....                | 15 |
| Figura 2: Tipos de meio fio .....                             | 18 |
| Figura 3: Galeria.....  | 19 |
| Figura 4: Poço de visita.....                                 | 19 |
| Figura 5: Centro Universitário luterano de Palmas.....        | 26 |
| Figura 6: VANT modelo ebee.....                               | 27 |
| Figura 7: Sobreposição longitudinal e lateral de imagens..... | 28 |
| Figura 8: Área de estudo.....                                 | 29 |
| Figura 9: Mapeamento CEULP/ULBRA.....                         | 32 |
| Figura 10: Processamento de imagem .....                      | 38 |
| Figura 11: Área de contribuição telhado.....                  | 39 |
| Figura 12: Área de contribuição Estacionamento.....           | 40 |
| Figura 13: Área de contribuição permeável .....               | 41 |
| Figura 14: tipo de revestimento .....                         | 42 |



## LISTA DE QUADROS E TABELA

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1-Período de retorno para diferentes ocupações (DAFE/CETESB,1980) ..... | 31 |
| Quadro 2: Valores de coeficiente C com base em superfícies.....                | 32 |
| Quadro 3 - Coeficientes de rugosidade de Manning.....                          | 34 |
| Quadro 4 - Dimensões dos tubos de concreto.....                                | 35 |
| Quadro 5 - Relações para fator hidráulico de seções circulares.....            | 36 |
| Quadro 6 - Dados dos Prédios Ulbra.....  | 43 |
| Quadro 7- cálculo de coeficiente ponderado.....                                | 44 |
| Tabela 1-Cálculo rede de microdrenagem.....                                    | 46 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| A     | Área  |
| ABNT  | Associação brasileira de normas técnicas              |
| ABA   | Associação Brasileira de Aerodelismo                  |
| C     | Coefficiente de escoamento                            |
| CEULP | Centro universitário luterano de palmas               |
| CTA   | Centro Tecnológico Aeroespacial                       |
| CTj   | Cota do Terreno Jusante                               |
| CTm   | Cota do Terreno Montante                              |
| DoD   | Departamento de defesa americano                      |
| EFD   | Estação Fotogramétrica Digital                        |
| GNSS  | Sistema de navegação por satélites                    |
| GPS   | Sistema de Posicionamento Global                      |
| IDF   | Equação de intensidade, duração e frequência          |
| MDS   | Modelo digital de superfície                          |
| MDT   | Modelo digital do terreno                             |
| PDDPA | Plano diretor de desenvolvimento e política ambiental |
| SIG'S | Sistemas de informações geográficos                   |
| TIN   | Triangular Irregular Network                          |
| VANT  | Veículo aéreo não tripulado                           |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>13</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....  | 14        |
| <b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....                                    | <b>14</b> |
| <b>1.1.2 Objetivo Específico</b> .....                               | <b>14</b> |
| 1.2 JUSTIFICATIVA .....  | 14        |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....                                   | <b>15</b> |
| 2.1 IMPACTOS HIDROLOGICOS DA URBANIZAÇÃO .....                       | 15        |
| 2.2 MEDIDAS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES .....                          | 16        |
| <b>2.2.1 Medidas estruturais</b> .....                               | <b>16</b> |
| <b>2.2.2 Medidas não estruturais</b> .....                           | <b>17</b> |
| 2.3 SISTEMAS DE DRENAGEM .....                                       | 17        |
| <b>2.3.1 Elementos de um Sistema de Microdrenagem</b> .....          | <b>18</b> |
| <b>2.3.2 Esquema Geral do Projeto de Microdrenagem</b> .....         | <b>20</b> |
| <b>2.3.3 Método Racional</b> .....                                   | <b>20</b> |
| <b>2.3.4 Coeficiente de escoamento Superficial</b> .....             | <b>21</b> |
| 2.4 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT).....                       | 22        |
| <b>2.4.1 Composição do (VANT)</b> .....                              | <b>22</b> |
| <b>2.4.2 Planejamento de voo</b> .....                               | <b>23</b> |
| 2.5 FOTOGRAMETRIA .....  | 23        |
| <b>2.5.1 Mosaico de ortofotos</b> .....                              | <b>24</b> |
| <b>2.5.2 Modelo digital de superfície</b> .....                      | <b>25</b> |
| <b>2.5.3 Modelo digital do terreno</b> .....                         | <b>25</b> |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....   | <b>26</b> |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO .....   | 26        |
| 3.2 MATERIAIS .....  | 27        |
| <b>3.2.1 VANT eBee e softwares de processamento de imagens</b> ..... | <b>27</b> |
| <b>3.2.2 Câmera</b> .....  | <b>27</b> |
| 3.3 MÉTODOS .....  | 28        |
| <b>3.3.1 Planejamento de voo e aquisição das imagens</b> .....       | <b>28</b> |
| 3.4 PROJETO DE MICRODRENAGEM .....                                   | 29        |
| <b>3.4.1 traçados de rede</b> .....                                  | <b>29</b> |
| <b>3.4.2 Delimitação da área de contribuição</b> .....               | <b>30</b> |
| 3.5 DIMENSIONAMENTO DE VAZÃO .....                                   | 30        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.6 DIMENSIONAMENTO HIDRAULICO.....                  | 34        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>               | <b>38</b> |
| 4.1 QUALIDADE DO ORTOMOSAIO GERADO.....              | 38        |
| 4.2 COEFICIENTE DE DEFLÚVIO RETIRADO DA IMAGEM ..... | 38        |
| <b>4.2.1 Interpretação das imagens .....</b>         | <b>42</b> |
| <b>4.1.2 COMPARATIVO DAS MEDIDAS .....</b>           | <b>43</b> |
| 4.4 DIMENSIONAMENTO DA MICRODRENAGEM .....           | 44        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                              | <b>47</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                              | <b>48</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>                                | <b>51</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Para a engenharia e o urbanismo, a drenagem é o sistema de tubos interligados que permite o escoamento de líquidos pluviais ou de outro tipo. Segundo Bidone e Tucci (1995), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou rede primária urbana. Ela é projetada em casos de precipitações moderadas, atendendo o escoamento gerado em ruas, lotes, canais coletores de rede pluvial.

O crescimento da urbanização sem o devido planejamento resulta em alterações nos processos hidrológicos, como aumento do escoamento superficial e diminuição da capacidade natural de retenção e infiltração no solo. (DOUBLEDAY *et al.*, 2013; MARCHIONI; BECCIU, 2014; ELGA *et al.*, 2015). Podendo ocasionar problemas de inundações e enchentes. A comunidade, poder legislativo e executivo devem estar atentos na eminência de criar planos de controle e prevenção destes problemas, afim de solucionar sem afetar mais o meio ambiente.

Com o intuito de adquirir imagens com rapidez e precisão dos dados. Foi inserido, os veículos aéreos não tripulados – VANTS que são ferramentas importantes na realização levantamentos, uma vez que realizam aerolevantamento. É uma aeronave com uma câmera acoplada em seu veículo. Essa tecnologia, Segundo Bento (2008), é a integração de sensores de imageamento com sensores de posição (Global Navigation Satellite System - GNSS) e na plataforma do VANT possibilita o georreferenciamento direto, permitindo os processos de geração de Modelo Digital de Superfície (MDS) e de ortoimagens.

No Brasil, os primeiros relatos de VANTS ocorreram na década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã. Este tinha fins militares especificamente e ficou desativado depois sendo somente em 2007 sendo reativado por uma iniciativa do governo de incentivo ao desenvolvimento de VANT no Brasil (JORGE; INAMASU; CARMO, 2011).

Conforme Guiffrida (2015), tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida, proximidade com o objeto fotografado e à velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens, podendo ser utilizado em

situações em que uma inspeção tripulada não seja possível. Além de corroborar na identificação e na correção de condições e/ou atos inseguros, contribuindo com a prevenção de acidentes.

Nesse contexto, o presente trabalho busca viabilizar a elaboração do projeto, dimensionamento e traçado da rede de microdrenagem. E deve se estar atento ao índice de deflúvio gerado pelas áreas de contribuição, pela área de influência, a área impermeável existente e as cotas do terreno para se definir o sentido do fluxo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a utilização dos dados obtidos pelo VANT no dimensionamento de uma microdrenagem no campus do CEUL/ULBRA.

### 1.1.2 Objetivo Específico

- ✓ Gerar ortomosaicos com imagens obtidas por meio de VANT;
- ✓ Especificar por meio de mosaico gerado o coeficiente de deflúvio ponderado conforme classificação das áreas de contribuição do terreno;
- ✓ Dimensionar microdrenagem utilizando coeficiente de deflúvio obtido.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Os VANT's nos últimos anos vem em um constante crescimento tecnológicos, com câmeras e sistemas de navegação, que visam melhorar e mostrar dados com mais exatidão já gerando as cotas do terreno, havendo uma redução do tempo para se concluir o mapeamento. Dentro deste preceito o presente trabalho vem verificar a possibilidade de projetar uma rede de microdrenagem para o CEULP/ULBRA.

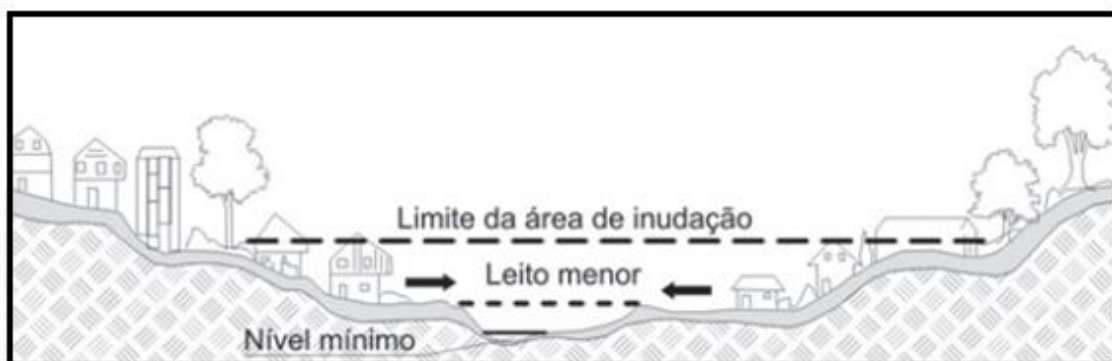
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPACTOS HIDROLOGICOS DA URBANIZAÇÃO

O crescimento da urbanização sem o devido planejamento resulta em alterações nos processos hidrológicos, como aumento do escoamento superficial e diminuição da capacidade natural de retenção e infiltração no solo (DOUBLEDAY 2013), assim ocasionando enchentes, inundações e doenças através da contaminação das águas, erosões do solo com o desmatamento.

Devido à tendência da urbanização ocorrer no sentido de jusante para montante, a expansão não planejada e não regulamentada de centros urbanos a montante ocasiona um aumento do nível de riachos e canais a jusante conforme (figura 1), comprometendo, assim, a capacidade de drenagem das áreas mais antigas (TUCCI, 1995).

Figura 1 :Tendência de ocupação e impacto



Fonte: TUCCI (2008)

Segundo Tucci (1995); com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas, pátios entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos aumentando o escoamento superficial. Sendo as novas superfícies impermeáveis ou quase impermeáveis, a água que infiltra no terreno é reduzida e os pontos de detenção superficial nas áreas construídas são eliminados.

Grandes problemas são gerados pela urbanização desordenada, ao passo que a cobertura vegetal é substituída pelos pavimentos impermeáveis e os condutos para o escoamento pluvial são introduzidos, ocorrem as seguintes mudanças no ciclo segundo (TUCCI, 2002).

- Redução da infiltração no solo;
- Aumento do escoamento superficial, que se desloca mais rápido devido à construção de condutos que reduzem o tempo de deslocamento. Dessa forma as vazões máximas aumentam e antecipam seus picos no tempo;
- A redução da infiltração tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação, reduzindo o escoamento subterrâneo;
- A retirada da cobertura natural provoca a redução da evapotranspiração uma vez que as superfícies urbanas não retêm água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo;

## 2.2 MEDIDAS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES

As medidas de correção e/ou prevenção que visam minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais. (CANHOLI 2015) e são de cunho financeiro, administrativo e social visando o bem-estar da população.

### 2.2.1 Medidas estruturais

Essas medidas são obras que podem ser implantadas para corrigir e prevenir problemas gerados por enchentes.

Segundo Canholi (2015) as medidas estruturais compreendem as obras de engenharia, que podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas.

As medidas intensivas, de acordo com seu objetivo, podem ser de quatro tipos:

- De aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- De retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/ retenção), restauração de calhas naturais;
- De desvio do escoamento: tuneis de derivação e canais de desvio;
- E que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações a prova de enchentes.

Por sua vez, as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, a recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.



### 2.2.2 Medidas não estruturais

Segundo Canholi (2015), 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. As ações não estruturais procuram disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas.

Considerando aquelas mais adotadas, as medidas não estruturais podem ser agrupadas em:

- Ações de regulamentação do uso e ocupação do solo;
- Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo;
- Seguro-enchente;
- Sistemas de alerta e previsão de inundações.

Por meio da delimitação das áreas sujeitas a inundações em função do risco, é possível estabelecer um zoneamento e a respectiva regulamentação para a construção, ou ainda para eventuais obras de proteção individuais (como a instalação de comportas, portas-estanques e outras) a serem incluídas nas construções existentes.

## 2.3 SISTEMAS DE DRENAGEM

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas se apresenta como o conjunto de obras, podendo ser de macrodrenagem ou microdrenagem, eles atuam na origem do problema e escoando a água aos corpos receptores (córregos, lagos e rios).

Segundo Tucci (2003), a drenagem na fonte é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, área comercial, parques e passeios. A microdrenagem é constituída por estruturas de captação e condução de águas pluviais que chegam aos elementos viários como ruas, praças e avenidas. Sua vazão não é apenas proveniente da precipitação direta sobre esses elementos, mas também das captações existentes nas edificações e lotes adjacentes.

O projeto de sua rede depende da topografia do terreno e é determinado pelo traçado das vias públicas. Além disso, seu projeto deve assegurar a drenagem de precipitações de risco moderado. Pode-se entender também a microdrenagem como a estrutura de entrada no sistema de drenagem das bacias urbanas (VENTURINE 2015).

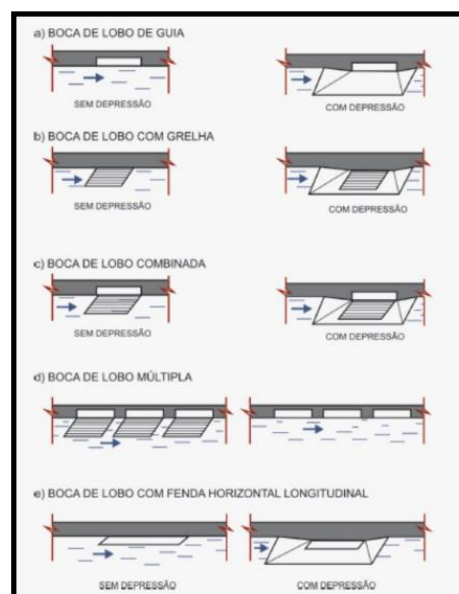
Segundo Martins (1995), as estruturas de macrodrenagem destinam-se a condução final das águas captadas pela drenagem primária dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas sarjetas, valas e galerias que são elementos anteriormente englobados como estruturas de microdrenagem.

### 2.3.1 Elementos de um Sistema de Microdrenagem

Segundo Cardoso (2009) os elementos principais da microdrenagem são os meios-fios, as sarjetas, as bocas-de-lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.

- a) Bocas-de-lobo: São dispositivos de captação das águas das sarjetas.
- b) Sarjetas: São as faixas formadas pelo limite da via pública com os meios-fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua.
- c) Meio-fio: São constituídos de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública (figura 2).

Figura 2: Tipos de meio fio



Fonte: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo(2012)

- d) **Conduitos forçados e estações de bombeamento:** Quando não há condições de escoamento por gravidade para a retirada da água de um canal de drenagem para um outro, recorre-se aos conduitos forçados e às estações de bombeamento.
- e) **Sarjetões:** São formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.
- f) **Galerias:** São as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas-de-lobo (figura 3).

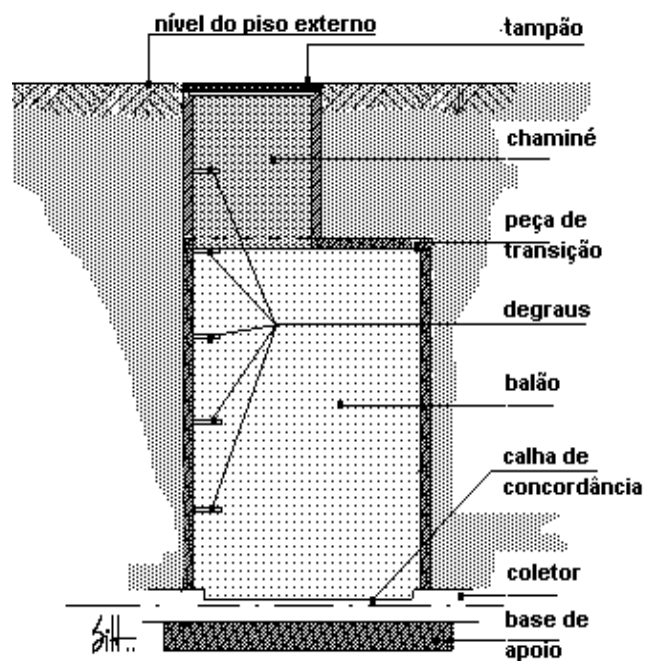
Figura 3: Galeria



Fonte: [aecweb](http://aecweb.com)

- g) **Poços de visita:** São dispositivos colocados em pontos convenientes do sistema, para permitir sua manutenção (figura 4).

Figura 4: Poço de visita



Fonte: Embasa

### 2.3.2 Esquema Geral do Projeto de Microdrenagem

Segundo Cardoso (2009) para elaborar um projeto de microdrenagem, são necessários os seguintes dados:

- Plantas: - Planta da localização da bacia, com uma escala 1:5.000 ou 1:10.000, e planta altimetria em escala 1:1.000 ou 1:2.000.
- Dados sobre a urbanização: Dispor de dados sobre o tipo de ocupação das áreas, a porcentagem de ocupação dos lotes e a ocupação do solo nas áreas não-urbanizadas pertencentes à bacia.
- Dados sobre o curso receptor. Dispor de informações sobre os níveis máximos do curso de água no qual será efetuado o lançamento final, assim como do levantamento topográfico do local deste lançamento.

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 (CARDOSO,2009)

### 2.3.3 Método Racional

Segundo Tucci (1995) método racional e largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas menor que (2km<sup>2</sup>). Os princípios básicos dessa metodologia são:

- a) a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional a intensidade.
- b) adota-se um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- c) não pode ser empregado para dimensionar reservatórios de amortecimento, pois não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

Conforme Atila (2011), o método para estimar a vazão máxima é válido, desde que algumas particularidades sejam fundamentalmente verdadeiras:

- a) os efeitos do armazenamento superficial na bacia sejam constantes a partir do tempo de concentração e não influenciem na dinâmica de propagação da cheia;

- b) a intensidade da chuva permanece constante até que a duração da chuva alcance o tempo de concentração da bacia, estabelecendo o regime permanente;
- c) a intensidade da precipitação diminui com o aumento do tempo de duração da chuva;
- d) a contribuição subterrânea é desprezível.

A vazão máxima de precipitação depende da intensidade e dos seguintes fatores.

- a) equação de intensidade, duração e frequência (IDF): característica da região de estudo;
- b) tempo de concentração: é definido como a soma do tempo que uma gota de água no ponto mais afastado da bacia demanda para atingir o montante do conduto, e o tempo gasto pela mesma para percorrer o conduto até seu ponto de concentração;
- c) tempo de recorrência: é definido como sendo o valor médio esperado do intervalo entre dois eventos com ocorrência de precipitação superior a um valor pré-estabelecido, que superem a capacidade da obra.

#### **2.3.4 Coeficiente de Escoamento Superficial**

O escoamento superficial ocorre quando a intensidade de precipitação é superior à taxa de infiltração do terreno, na qual denominamos precipitação efetiva toda a precipitação que escoar na superfície. Sendo assim, o coeficiente de escoamento superficial é definido como a relação entre este volume escoado superficialmente e o volume total da precipitação, podendo, então, ser calculado a partir de dados observados em campo ou retirado de valores recomendados na literatura em função das características físicas da bacia (HORN *et al.*, 2011).

Segundo Tucci (1995) O coeficiente de escoamento utilizado no método racional depende das seguintes características:

- Solo
- Cobertura
- Tipo de ocupação
- Tempo de retorno

- Intensidade da precipitação

## 2.4 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

Segundo Associação Brasileira de Aerodelismo (ABA), a definição para Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo”.

De acordo com o departamento de defesa americano (Departamento of defense – DoD).

{...}um veículo aéreo não motorizado que não transporta um operador humano, usa forças aerodinâmicas para a sustentação aérea pode voar de maneira autônoma ou ser pilotado por controle remoto, pode ser descartável ou recuperável e pode transportar uma carga útil letal ou não. Veículo balístico ou sem balísticos, mísseis de cruzeiro e projeteis de artilharia não são considerados veículos aéreos não tripulados.

De acordo com Medeiros (2007), as pesquisas nessa área, no Brasil, ainda são muito recentes e os principais trabalhos com VANTS têm no escopo as aplicações civis, como vigilância policial de áreas urbanas e de fronteira, inspeções de linhas de transmissão de energia, monitoramento, atividades de áreas agrícolas, acompanhamento de safra, controle de pragas e de queimada. A maior parte dos VANTS ainda é controlada remotamente (LONG et al. 2007) dependendo da intervenção humana e da infraestrutura de comunicação com uma estação de controle.

### 2.4.1 Composição do (VANT)

Conforme Vidal (2013), os VANT'S são constituídos pelo veículo com sistema de georreferenciamento composto por uma câmara fotográfica, sistema de posicionamento global (GPS) e um sistema inercial, sensores climáticos ou laser de varreduras, e por uma estação base com software próprio e um controle remoto.

- a) Estação base ou “Ground Control Station”: é um computador com o software de controle capaz de enviar os dados para controle do VANT. É na estação que é

definida a altitude de voo, a cobertura longitudinal e transversal bem como as coordenadas para todas as exposições

- b) Sistema de navegação: é constituído geralmente por um GPS e uma unidade de navegação inercial. Enquanto o GPS dá continuamente informação de posição, cabe ao sistema inercial fornecer continuamente informação das rotações da câmara em torno do sistema de coordenadas de navegação.
- c) Câmeras: a aquisição de dados é feita através do uso de câmeras que podem ser digitais, térmicas, câmeras de vídeo ou outro tipo.
- d) Sensores climáticos e laser de varreduras: determinação da altura de pontos na superfície usando pulsos laser que são disparados na direção da mesma.

Controle remoto: é o equipamento responsável pelo controle do veículo à distância quando necessário, usando uma determinada faixa de frequência ou por uma interface Bluetooth.

#### **2.4.2 Planejamento de voo**

Segundo Jorge e Inamasu (2014), o planejamento de voo compreende a escolha da altitude e velocidade de voo, resolução das imagens e do pixel nas unidades de terreno, e das normas e regulamentos de voo. Além disso, de acordo com a resolução da câmera, deve ser calculada a altitude de voo observando a resolução em solo desejada.

#### **2.5 FOTOGRAMETRIA**

Fotogrametria é o conjunto de técnicas e rotinas de processamento de imagens fotográficas, visando à modelagem e à reconstituição do espaço tridimensional (espaço-objeto) por intermédio de imagens bidimensionais (espaço-imagem). O estado da arte da fotogrametria é representado pela fotogrametria digital, que emprega imagens digitais ou digitalizadas, métodos e processos computacionais. O equipamento capaz de executar esse conjunto de tarefas denomina-se Estação Fotogramétrica Digital (EFD) – estação de trabalho voltada para a execução de tarefas fotogramétricas; Brito e Coelho Filho (2005).

A interpretação fotográfica é uma técnica empregada desde o nascimento das fotografias que se deu em 1840. A fotointerpretação foi muito difundida e é utilizada por diversos profissionais, em diferentes áreas de atuação como a geologia,

agricultura, silvicultura, vida silvestre, aplicação militar, análise urbana e planejamento ambiental. A técnica de interpretação de fotografias aéreas quando aplicadas em projetos ambientais distintos apresenta algumas vantagens quando comparadas com técnicas comuns de levantamentos de campo, dentre essas vantagens podemos citar maior rapidez, (DISPERATI, SANTOS E ZERDA, 2007)

A promessa de automação de levantamentos aéreos, desde a tomada das fotografias até a geração de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície (MDS), tem contribuído sobremaneira para a expansão do mercado dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Brasil. Com uma enorme carência de mapas atualizados em grandes escalas de representação, aliado a um relativo baixo custo quando comparado aos tradicionais levantamentos aerofotogramétricos, estes equipamentos ganham destaque e a preferência dentre os profissionais de geotecnologias.

Em fato, as facilidades de obtenção de imagens de alta resolução espacial, a um baixo custo e alta resolução temporal, propiciam o emprego dessas aeronaves nas mais variadas aplicações, como por exemplo na realização de monitoramentos sistemáticos de áreas susceptíveis a desastres naturais, no planejamento urbano e na agricultura de precisão (ALVES JUNIOR 2015).

### **2.5.1 Mosaico de ortofotos**

A ortofoto ou ortofotografia é a fotografia resultante da transformação de uma foto original que é projeção cônica central do terreno em projeção ortogonal sobre um plano. Desse modo, os objetos contidos nelas são apresentados em suas verdadeiras posições orográficas. (SATO, 1996). Segundo Lima e Loch (1998), para uma fotografia aérea ser análoga a uma carta topográfica, do ponto de vista quantitativo, a mesma deve apresentar:

- a) terreno plano e horizontal;
- b) perfeita verticalidade do eixo ótico da câmera fotogramétrica;
- c) linha de voo perfeitamente horizontal, sem variações na altitude do voo entre as sucessivas estações de tomadas das fotografias.



Segundo Matias, Guzatto, Silveira (2015), o mosaico pode ser explicado como o conjunto de fotos de escala aproximada, que unidas de tal forma passam a ser uma única imagem georreferenciada que cobre toda a área de interesse. Observando a (Figura 13), suas funções são análogas a um Mapa de traço (mapa convencional), em que é possível realizar medidas lineares, angulares e vetoriais, cálculos de perímetro, áreas, etc.

### **2.5.2 Modelo digital de superfície**

O MDS (modelo digital de superfície), é uma representação planialtimétrica da superfície da Terra, que é gerado a partir dos arquivos do tipo “nuvem de pontos” resultantes do perfilamento laser. O modelo representa a superfície do terreno acrescida de quaisquer objetos existentes sobre ela e que influenciem no valor da refletância do pixel. Ou seja, se existirem árvores e construções, a superfície representada refere-se ao topo das mesmas (CRUZ et al., 2011).

### **2.5.3 Modelo digital do terreno**

O modelo digital do terreno (MDT) é um modelo matemático que representa de uma forma contínua a superfície de um terreno, tendo em vista que é inviável o levantamento do elevado número de pontos em campo. Para isso existem duas estruturas que geram esse modelo, a malha retangular e a rede triangular irregular (TIN - Triangular Irregular Network) (ALMEIDA, 2014).

Diferente do MDS o MDT é a real representação do terreno, ele não contempla os objetos acima do solo. Para gerar o MDT é necessário realizar um processo conhecido como filtragem na nuvem de pontos do MDS suprimindo os objetos acima do solo. O MDT e o MDS são fundamentais para projetos relacionados a cartografia tridimensional, análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens, apoio aos projetos de drenagens, elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade; base para projetos realizados em Sistemas de informações Geográficas (SIG's) na geração de mapas de declividade e afins.

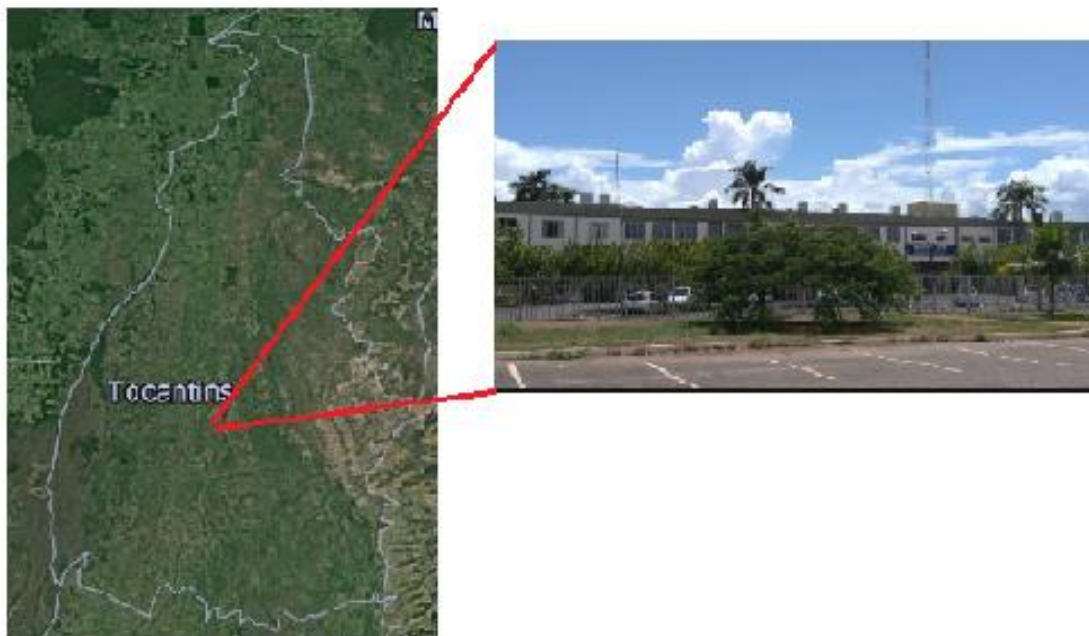
### 3 METODOLOGIA

São apresentados aqui os materiais e métodos que serão utilizados nesta pesquisa, bem como as áreas de estudo e o que motivou as escolhas para a realização do trabalho de campo. Destacam-se ainda as características e especificidades dos equipamentos utilizados na aquisição das imagens, descrições dos softwares que foram utilizados e suas aplicações em cada etapa da pesquisa, planejamento dos voos, os parâmetros e as técnicas utilizadas para a obtenção das fotos e processamento do ortomosaico.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Como unidade amostral para a pesquisa, foi escolhido o CEULP, (figura 5) com uma extensão total de 18 km<sup>2</sup>, e a área de estudo analisada abrange os prédios e o estacionamento, com área equivalente a 6,2 hectares.

Figura 5: Centro Universitário luterano de Palmas



Fonte: google.earth

## 3.2 MATERIAIS

### 3.2.1 VANT eBee e softwares de processamento de imagens

Para a coleta das imagens utilizou-se o veículo aéreo modelo eBee, (figura 6). Compreende uma plataforma aérea com sensores específicos acoplados que permitem a obtenção de imagens fotográficas. A aeronave traz incorporados sensores que possibilitam a estabilidade do equipamento em missão, bem como a transmissão de dados que garantem o acompanhamento direto da execução do voo.

Figura 6: VANT modelo ebee.



Fonte: agrogeosul

O planejamento de voo foi elaborado por meio da estação base com o seguinte conjunto: o software eMotion 2, responsável pela programação do voo e execução do trajeto da aeronave, e uma antena transmissora, que permite o acompanhamento em tempo real do sobrevoo, bem como o envio de comandos de pouso, mudanças de direção ou tomada de imagens. A interface do programa mostra informações importantes sobre o nível de bateria, temperatura ambiente, altitude, posição, duração e velocidade do voo, velocidade do vento, resolução e sobreposição longitudinal e latitudinal da área a ser sobrevoada, altitude e link do rádio.

Para processamento das imagens e geração dos mosaicos ortorretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Terra 3D. Nesse processo os pontos que serão capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

### 3.2.2 Câmera

A câmera utilizada na captura das imagens reuniu características adequadas e compatíveis com o sistema eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico, S110 RGB,

adaptadas de forma a serem controladas pelo piloto automático da aeronave. A câmera RGB obtém dados de imagem no espectro visível que consiste na possibilidade de reproduzir qualquer cor a partir de uma mistura de apenas três cores primárias juntamente com a luz: azul, verde e vermelho.

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Planejamento de voo e aquisição das imagens

Uma vez selecionada a área de voo conforme a (figura 9), e o tamanho do pixel, o software disponibiliza automaticamente a área, tempo estimado de voo, altitude, espaçamentos entre linhas de trajeto e distância a ser percorrida. O plano estabelecido para a pesquisa e de identificar as superfícies impermeáveis em todo o campus do CEULP/ULBRA e conseguir calcular a rede de microdrenagem com eficiência, por meio de um único arranjo de sobreposições de voo e utilização de dois tipos de sensores.

Figura 7: Área de estudo



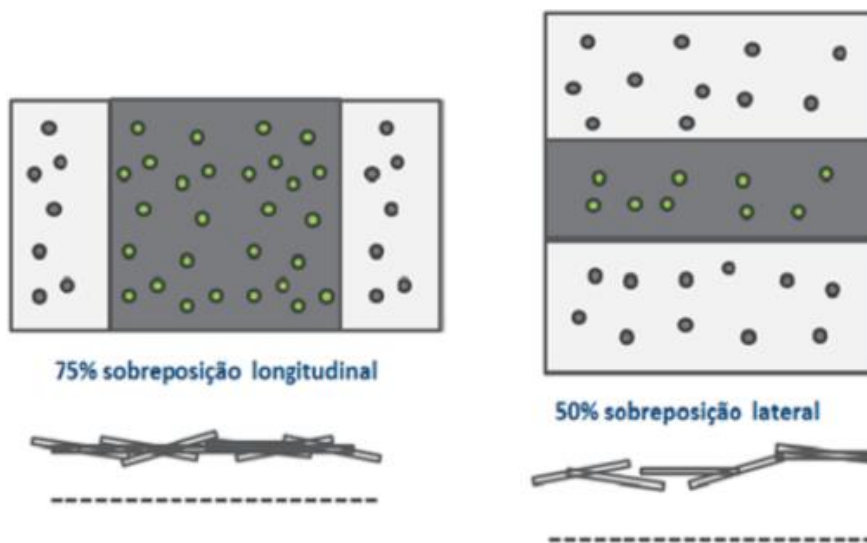
Fonte: Autor (2018)

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolverão a remoção dos erros e distorções causadas pelo processo de aquisição das imagens, e visar orientar as imagens com relação umas às outras e com relação à cena completa.

O georreferenciamento das imagens é feito pelo software compatível com o modelo do sensor e da aeronave, que dispõe de GPS de navegação acoplado. As

coordenadas capturadas orientam todas as imagens na formação do mosaico georreferenciado (figura 8). Sua obtenção possibilita o levantamento de dados mensuráveis, como área e volume, facilitando a identificação de pontos imaginados.

Figura 8: Sobreposição longitudinal e lateral de imagens



Fonte:alconpat.

### 3.4 PROJETO DE MICRODRENAGEM

Para se iniciar o projeto foi necessária uma avaliação dos pontos escolhidos por meio do ortomosaico: onde os pontos escolhidos estão próximos as áreas de passeio do Ceulp/Ulbra e onde ocorre o maior índice de alagamento. De acordo com a topografia foi desenhado as linhas de traçado para tubulação e elas se encontram realizadas próximo as calçadas de passeio, estão interligadas por boca de lobo que levará a um reservatório, os poços de visita serão instalados em locais com mudança de direção.

#### 3.4.1 traçados de rede

Depois da caracterização do terreno conforme suas diferentes áreas superficiais, foram desenhados os traçados para as tubulações, posicionamento das bocas de lobo e poços de visita.

As tubulações foram traçadas dentro do campus e próximo as calçadas, de modo que possibilite a ligação das canalizações de escoamento das bocas de lobo. Foi utilizado um recobrimento mínimo de 1,00 metro e as mudanças de diâmetro da tubulação foram alinhados com a geratriz superior.

Os poços de visita foram introduzidos em pontos onde há mudanças de direção, já que para cada traçado pode haver mudança na declividade e do diâmetro da rede.

Do mesmo modo, as bocas de lobo foram introduzidas em locais para escoar o maior volume de água, a fim de evitar a criação de zonas mortas com alagamentos e áreas paradas.

### 3.4.2 Delimitação da área de contribuição

Foram delimitadas áreas de contribuição de acordo com os sentidos do escoamento superficial e a localização das bocas de lobo, e são adicionadas progressivamente pelas áreas locais de contribuição de cada trecho. Conforme ao apêndice (1) podemos observar o traçado da rede de microdrenagem.

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DE VAZÃO

O método utilizado foi o racional, em que o sistema de microdrenagem é dimensionado a partir da vazão máxima estimada, equação (1), este método foi escolhido pela bacia ser menor que os 2 km<sup>2</sup> justificando assim o método e também por adotar apenas um coeficiente de escoamento (C) e que a duração da precipitação máxima de projeto igual ao tempo de concentração da bacia.

$$Q=2,78*C*I*A \quad (1)$$

Onde:

Q: Vazão máxima do escoamento excedente que escoar sobre a superfície do solo, em m<sup>3</sup>/s

C: Coeficiente de escoamento

I: Intensidade da precipitação em litros ou metros cúbicos por hectare e por segundo

A: Área de contribuição da bacia receptora da chuva em hectares

A equação de intensidade, duração e frequência (IDF) ,equação 2, obtida para Palmas-TO nos estudos do plano diretor de desenvolvimento e política ambiental PDDPA, com coeficiente de correlação em 99,97%, foi a seguinte:

$$I = \frac{749,97 Tr^{0,104}}{(Td+9)^{0,702}} \quad (2)$$

Onde:

$i$  = intensidade de precipitação (mm/h)

$T_r$  = Tempo de Retorno adotado

$T_d$  = tempo de duração da chuva de projeto

Para este trabalho o tempo de retorno utilizado de 5 anos, conforme a estrutura de microdrenagem sendo uma ocupação da micro bacia comercial segundo (quadro 1). E com um tempo específico de duração da chuva de 20 minutos.

Quadro 1: Período de retorno para diferentes ocupações (DAFE/CETESB,1980)

| Tipo de obra   | Tipo de ocupação da área               | Tempo de retorno |
|----------------|--|------------------|
| Microdrenagem  | residencial                            | 2                |
|                | comercial                              | 5                |
|                | áreas com edifício de serviço público  | 5                |
|                | aeroportos                             | 2 - 5            |
| Macro-drenagem | áreas comerciais e artérias de tráfego | 5 - 10           |
|                | áreas comerciais e residenciais        | 50 - 100         |
|                | áreas de importâncias específicas      | 500              |

Fonte: BIDONE E TUCCI (1995).

Através do traçado de rede foi determinado as áreas de contribuição e de acordo com sua área (figura 9), e possível observar cada tipo de superfície, assim determinar o coeficiente de escoamento para cada tipo de solo de acordo com o quadro 2, e para o estudo do deste trabalho usou os itens asfalto com  $C$  de 0,83, calçadas de 0,80, telhado 0,85 e grama de 0.08.

Quadro 2: Valores de coeficiente C com base em superfícies

| Superfície                       | C          |                   |
|----------------------------------|------------|-------------------|
|                                  | Intervalos | valores esperados |
| <b>Pavimento</b>                 |            |                   |
| Asfalto                          | 0,70--0,95 | <b>0,83</b>       |
| Concreto                         | 0,80--0,95 | <b>0,88</b>       |
| Calçada                          | 0,75--0,85 | <b>0,80</b>       |
| Telhado                          | 0,75--0,95 | <b>0,85</b>       |
| <b>Cobertura: grama, arenoso</b> |            |                   |
| plano (2%)                       | 0,05--0,10 | <b>0,08</b>       |
| médio (2% a 7%)                  | 0,10--0,15 | <b>0,13</b>       |
| alta (7%)                        | 0,15--0,20 | <b>0,18</b>       |
| <b>Grama, solo pesado</b>        |            |                   |
| plano (2%)                       | 0,13--0,17 | <b>0,15</b>       |
| médio (2% a 7%)                  | 0,18--0,22 | <b>0,20</b>       |
| alta (7%)                        | 0,25--0,35 | <b>0,30</b>       |

Fonte: BIDONE E TUCCI (1995)

Inicialmente calculou-se separadamente o coeficiente para cada área de contribuição, calculado pela (equação 3), onde o somatório das áreas de cada superfície de contribuição ( $A_{sup}$ ), multiplicado pelo seu respectivo coeficiente ( $C_{sup}$ ), conforme o (quadro 2), e divide pela área de contribuição total ( $A_{contribuição}$ ) do tipo de superfície determinado para o campos CEULP/ULBRA.

$$C = \frac{\sum A_{sup} \times C_{sup}}{A_{contribuição}} \quad (3)$$

Para encontrar o coeficiente médio ponderado que será utilizado no cálculo de vazão usou-se a (equação 4), onde calculado anteriormente o coeficiente da de cada área e faremos uma média simples, ou seja, pegar todos os C encontrados e dividir pela quantidade de áreas existentes para o campus Ceulp/Ulbra.

$$C_{medio} = \frac{\sum c}{Q \text{ de area}} \quad (4)$$

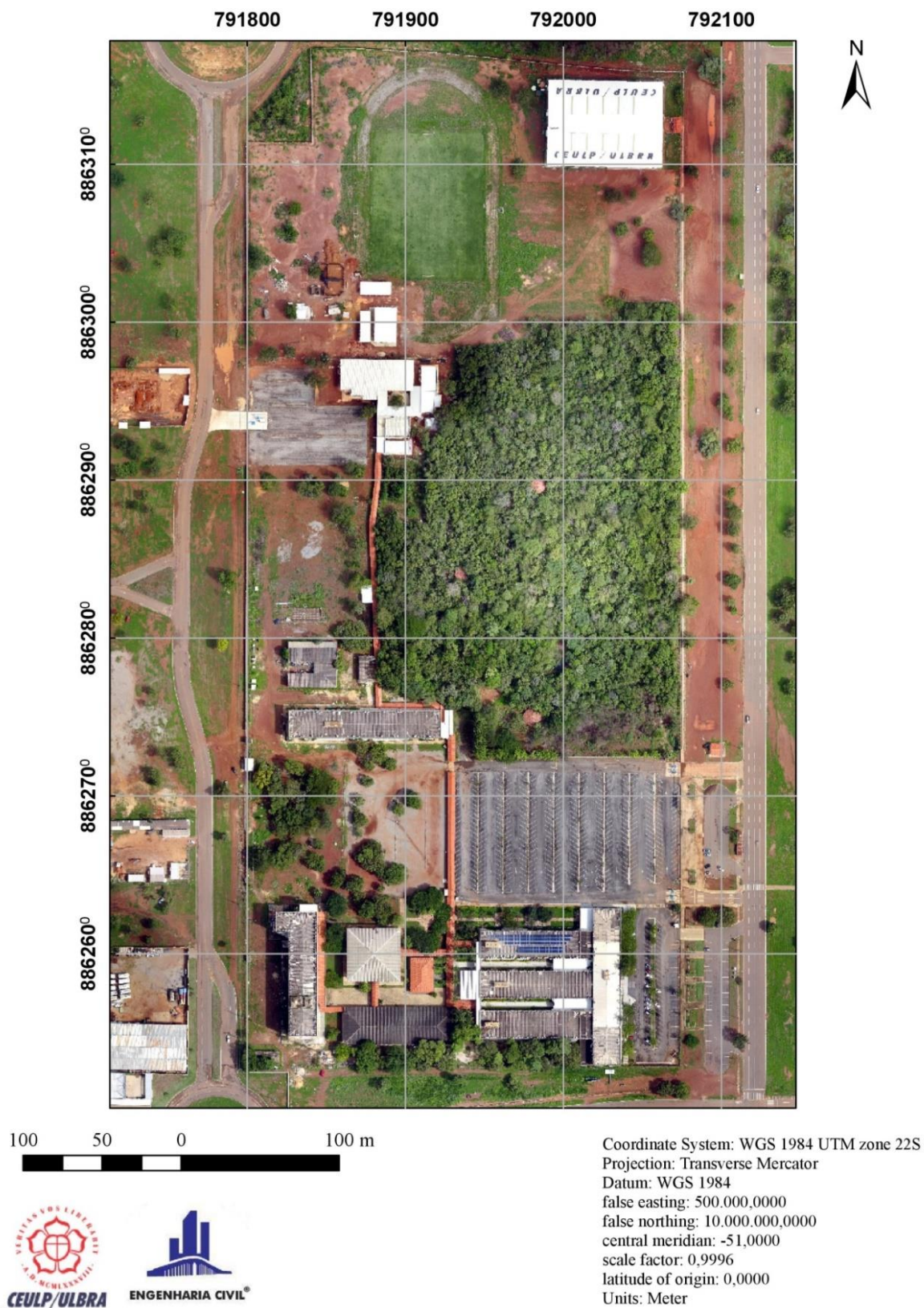
Onde:

Q de área = total de áreas de contribuição



Figura 9: Mapeamento CEULP/ULBRA

## CAMPUS - CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS



Fonte: Autor

### 3.6 DIMENSIONAMENTO HIDRAULICO

Para o dimensionamento hidráulico utilizou-se a fórmula de Manning isolando-se o diâmetro (equação 5).

$$D = 1,55 \left( \frac{Q \cdot N}{S_2^1} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (5)$$

sendo:

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

N= Coeficiente de rugosidade de Manning

S = Declividade do trecho (m/m)

De acordo com a quadro 3, foi utilizado as características de uma galeria de concreto com bom acabamento para adotar um coeficiente de rugosidade igual a 0,014.

Quadro 3 - Coeficientes de rugosidade de Manning.

| Características                                     | n             |
|---|---------------|
| canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura  | 0,300 - 0,400 |
| canais retilíneos com capins de até 30 cm de altura | 0,300 - 0,060 |
| <b>Galerias de concreto</b>                         |               |
| pré-moldado com bom acabamento                      | 0,011 - 0,014 |
| moldado no local com formas metálicas simples       | 0,012 - 0,014 |
| moldado no local com formas de madeira              | 0,015 - 0,020 |
| <b>Sarjetas</b>                                     |               |
| asfalto suave                                       | 0,013         |
| asfalto rugoso                                      | 0,016         |
| concreto suave com pavimento de asfalto             | 0,014         |
| concreto rugoso com pavimento de asfalto            | 0,015         |
| pavimento de concreto                               | 0,014 - 0,016 |
| pedras  | 0,016         |

Fonte: Bidone e Tucci (1995)

Para a obtenção da declividade de cada trecho calculou-se a declividade do terreno, que é igual à cota de montante (CTm) menos a cota de jusante (CTj), dividida pelo comprimento do trecho (L) (equação 6).

$$i = \frac{CTm - CTj}{L} \quad (6)$$

Com os dados de vazão, declividade e rugosidade de Manning, calcula-se o diâmetro para o trecho correspondente. A partir desse diâmetro, foi escolhido um diâmetro comercial de acordo com a ABNT – NBR8890:2007, Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios (quadro4).

Quadro 4 - Dimensões dos tubos de concreto.

| Diâmetro nominal<br><i>DN</i> | Comprimento útil mínimo do tubo<br><i>L</i> |               | Comprimento mínimo da bolsa ou da fêmea<br><i>B</i> |               | Folga máxima do encaixe<br><i>C</i> | Espessura mínima de parede<br><i>D*</i> |        |
|-------------------------------|---|---------------|---|---------------|-------------------------------------|---|--------|
|                               | Ponta e Bolsa                               | Macho e Fêmea | Ponta e Bolsa                                       | Macho e Fêmea |                                     | Simples                                 | Armado |
|                               |   |               |   |               |                                     |   |        |
| 200                           | 1 000                                       | 950           | 50  | 20            | 30                                  | 30                                      | -      |
| 300                           | 1 000                                       | 950           | 60  | 20            | 30                                  | 30                                      | 45     |
| 400                           | 1 000                                       | 950           | 65  | 20            | 30                                  | 40                                      | 45     |
| 500                           | 1 000                                       | 950           | 70  | 20            | 40                                  | 50                                      | 50     |
| 600                           | 1 000                                       | 950           | 75  | 20            | 40                                  | 55                                      | 60     |
| 700                           | 1 000                                       | 950           | 80  | 35            | 40                                  | -                                       | 66     |
| 800                           | 1 000                                       | 950           | 80  | 35            | 40                                  | -                                       | 72     |
| 900                           | 1 000                                       | 950           | 80  | 35            | 40                                  | -                                       | 75     |
| 1 000                         | 1 000                                       | 950           | 80  | 35            | 40                                  | -                                       | 80     |
| 1 100                         | 1 000                                       | 950           | 80  | 35            | 50                                  | -                                       | 90     |
| 1 200                         | 1 000                                       | 950           | 90  | 35            | 50                                  | -                                       | 96     |
| 1 300                         | 1 000                                       | 950           | 90  | 35            | 50                                  | -                                       | 105    |
| 1 500                         | 1 000                                       | 950           | 90  | 35            | 60                                  | -                                       | 120    |
| 1 750                         | 1 000                                       | 950           | 100   | 35            | 60                                  | -                                       | 140    |
| 2 000                         | 1 000                                       | 950           | 100   | 35            | 60                                  | -                                       | 180    |

Onde:  
C é a diferença entre o diâmetro interno mínimo da bolsa (ou fêmea) do tubo e o diâmetro externo da ponta (ou macho) do tubo.

NOTA 1 O atendimento às dimensões estabelecidas nesta Tabela não elimina a necessidade de verificação dos requisitos de resistência à compressão diametral e demais requisitos estabelecidos nesta Norma.

NOTA 2 As espessuras mínimas definidas nesta Tabela são válidas para a menor classe de resistência prevista nesta Norma (PS1 ou PA1). Para resistências superiores, deve ser apresentado projeto específico.

Fonte: ABNT

O diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30 metros segundo Mays (2000) p.263. Além disso, quando os diâmetros adotados foram maiores que os calculados, a lâmina percentual ( $y/D$ ) deve ser calculada. A partir dela se obtém o raio hidráulico ( $R_h$ ) real e a velocidade efetiva ( $v$ ) de escoamento no conduto. Inicialmente, para a determinação da lâmina percentual, foi calculado o fator hidráulico ( $F_h$ ) da seção circular, a partir da equação 7.

$$F_h = Q \cdot n \cdot D^{8/3} \cdot S^{1/2} \quad (7)$$



sendo:

$Q =$  Vazão ( $m^3/s$ )

$N =$  Coeficiente de rugosidade de Manning

$S =$  Declividade do trecho (m/m)

Após encontrado o fator hidráulico, foi utilizado este valor para determinar as relações  $R_h/D$  e  $y/D$ , observando a (Figura 24) com as Relações para Fator Hidráulico de seções circulares. Logo pôde-se calcular o raio hidráulico multiplicando-se o valor de  $R_h/D$  pelo diâmetro, já que ele é conhecido.

Quadro 5 - Relações para fator hidráulico de seções circulares

| FH     | RH/D   | Y/D  | FH     | RH/D   | Y/D  | FH     | RH/D   | Y/D  |
|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|
| 0,0001 | 0,0066 | 0,01 | 0,0820 | 0,1935 | 0,35 | 0,2511 | 0,2933 | 0,68 |
| 0,0002 | 0,0132 | 0,02 | 0,0864 | 0,1978 | 0,36 | 0,2560 | 0,2948 | 0,69 |
| 0,0005 | 0,0197 | 0,03 | 0,0910 | 0,2020 | 0,37 | 0,2610 | 0,2962 | 0,70 |
| 0,0009 | 0,0262 | 0,04 | 0,0956 | 0,2062 | 0,38 | 0,2658 | 0,2975 | 0,71 |
| 0,0015 | 0,0326 | 0,05 | 0,1003 | 0,2102 | 0,39 | 0,2705 | 0,2987 | 0,72 |
| 0,0022 | 0,0389 | 0,06 | 0,1050 | 0,2142 | 0,40 | 0,2752 | 0,2998 | 0,73 |
| 0,0031 | 0,0451 | 0,07 | 0,1099 | 0,2182 | 0,41 | 0,2798 | 0,3008 | 0,74 |
| 0,0041 | 0,0513 | 0,08 | 0,1148 | 0,2220 | 0,42 | 0,2842 | 0,3017 | 0,75 |
| 0,0052 | 0,0575 | 0,09 | 0,1197 | 0,2258 | 0,43 | 0,2886 | 0,3024 | 0,76 |
| 0,0065 | 0,0635 | 0,10 | 0,1248 | 0,2295 | 0,44 | 0,2928 | 0,3031 | 0,77 |
| 0,0079 | 0,0695 | 0,11 | 0,1298 | 0,2331 | 0,45 | 0,2969 | 0,3036 | 0,78 |
| 0,0095 | 0,0755 | 0,12 | 0,1349 | 0,2366 | 0,46 | 0,3008 | 0,3039 | 0,79 |
| 0,0113 | 0,0813 | 0,13 | 0,1401 | 0,2401 | 0,47 | 0,3047 | 0,3042 | 0,80 |
| 0,0131 | 0,0871 | 0,14 | 0,1453 | 0,2435 | 0,48 | 0,3083 | 0,3043 | 0,81 |
| 0,0152 | 0,0929 | 0,15 | 0,1506 | 0,2468 | 0,49 | 0,3118 | 0,3043 | 0,82 |
| 0,0173 | 0,0986 | 0,16 | 0,1558 | 0,2500 | 0,50 | 0,3151 | 0,3041 | 0,83 |
| 0,0196 | 0,1042 | 0,17 | 0,1611 | 0,2531 | 0,51 | 0,3183 | 0,3038 | 0,84 |
| 0,0220 | 0,1097 | 0,18 | 0,1665 | 0,2562 | 0,52 | 0,3212 | 0,3033 | 0,85 |
| 0,0246 | 0,1152 | 0,19 | 0,1718 | 0,2592 | 0,53 | 0,3239 | 0,3026 | 0,86 |
| 0,0273 | 0,1206 | 0,20 | 0,1772 | 0,2621 | 0,54 | 0,3264 | 0,3018 | 0,87 |
| 0,0301 | 0,1259 | 0,21 | 0,1826 | 0,2649 | 0,55 | 0,3286 | 0,3007 | 0,88 |
| 0,0331 | 0,1312 | 0,22 | 0,1879 | 0,2676 | 0,56 | 0,3305 | 0,2995 | 0,89 |
| 0,0362 | 0,1364 | 0,23 | 0,1933 | 0,2703 | 0,57 | 0,3322 | 0,2980 | 0,90 |
| 0,0394 | 0,1416 | 0,24 | 0,1987 | 0,2728 | 0,58 | 0,3335 | 0,2963 | 0,91 |
| 0,0427 | 0,1466 | 0,25 | 0,2041 | 0,2753 | 0,59 | 0,3345 | 0,2944 | 0,92 |
| 0,0461 | 0,1516 | 0,26 | 0,2094 | 0,2776 | 0,60 | 0,3351 | 0,2921 | 0,93 |
| 0,0497 | 0,1566 | 0,27 | 0,2147 | 0,2799 | 0,61 | 0,3353 | 0,2895 | 0,94 |
| 0,0534 | 0,1614 | 0,28 | 0,2200 | 0,2821 | 0,62 | 0,3349 | 0,2865 | 0,95 |
| 0,0572 | 0,1662 | 0,29 | 0,2253 | 0,2842 | 0,63 | 0,3339 | 0,2829 | 0,96 |
| 0,0610 | 0,1709 | 0,30 | 0,2306 | 0,2862 | 0,64 | 0,3322 | 0,2787 | 0,97 |
| 0,0650 | 0,1756 | 0,31 | 0,2358 | 0,2881 | 0,65 | 0,3294 | 0,2735 | 0,98 |
| 0,0691 | 0,1802 | 0,32 | 0,2409 | 0,2900 | 0,66 | 0,3248 | 0,2666 | 0,99 |
| 0,0733 | 0,1847 | 0,33 | 0,2460 | 0,2917 | 0,67 | 0,3117 | 0,2500 | 1,00 |
| 0,0776 | 0,1891 | 0,34 |        |        |      |        |        |      |

Fonte: Tucci (1995)

Com o valor do raio hidráulico, foi calculada a velocidade ( $v$ ) através da equação de Manning (equação 8). Lembrando-se que para tubos de concreto, a velocidade máxima admissível é de 5,0m/s, e 0,60m/s a velocidade mínima.

$$v = Rh^{2/3} \cdot S^{1/2} / n$$

(8)

Após a determinação da velocidade foi calculado o tempo de escoamento pela equação de movimento uniforme, considerando o comprimento do trecho (equação 9).

$$t_e = \frac{\text{distancia}}{\text{velocidade}} \quad (9)$$

Para os trechos subsequentes, o tempo de concentração ( $t_c$ ) será do trecho inicial mais o tempo de escoamento ( $t_e$ ) (equação 10). Sempre que para um poço de visita (PV) concorrerem dois ou mais trechos, o  $t_c$  adotado será aquele que representar o maior valor.

$$t_c = t_{ci} + t_e$$

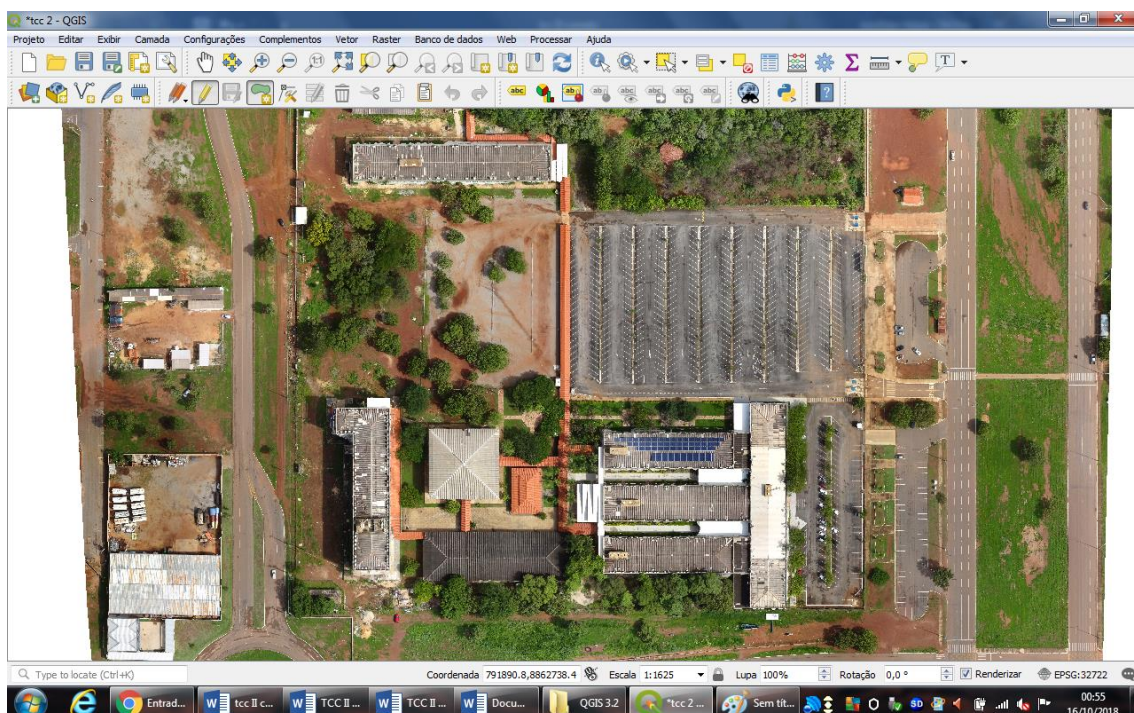
(10)

## 4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 4.1 QUALIDADE DO ORTOMOSAIO GERADO

Para o estudo de potencialidade sobre a utilização da tecnologia VANT na elaboração do projeto de dimensionamento e traçado da rede de microdrenagem, foi sobrevoado o Ceulp/Ulbra para identificação de todo terreno, buscando calcular as áreas existentes de todos os tipos de superfície. O processamento foi realizado através da plataforma do ArcGis 10.2.2 e do ortomosaico de imagens (figura 10) obtidas no sobrevoo.

Figura 10: Processamento da Imagem



Fonte: Autor

### 4.2 COEFICIENTE DE DEFLÚVIO RETIRADO DA IMAGEM

Nesta etapa do trabalho, após a imagem ser processada, criou-se polígonos que determinaram as áreas, os polígonos foram divididos em áreas permeáveis e áreas impermeáveis, pois cada tipo possui um coeficiente de deflúvio diferente, para homogeneizar os cálculos utilizou-se apenas um coeficiente, o coeficiente de escoamento superficial ponderado.



Figura 11, e apresentado a delimitação da área dos telhados,

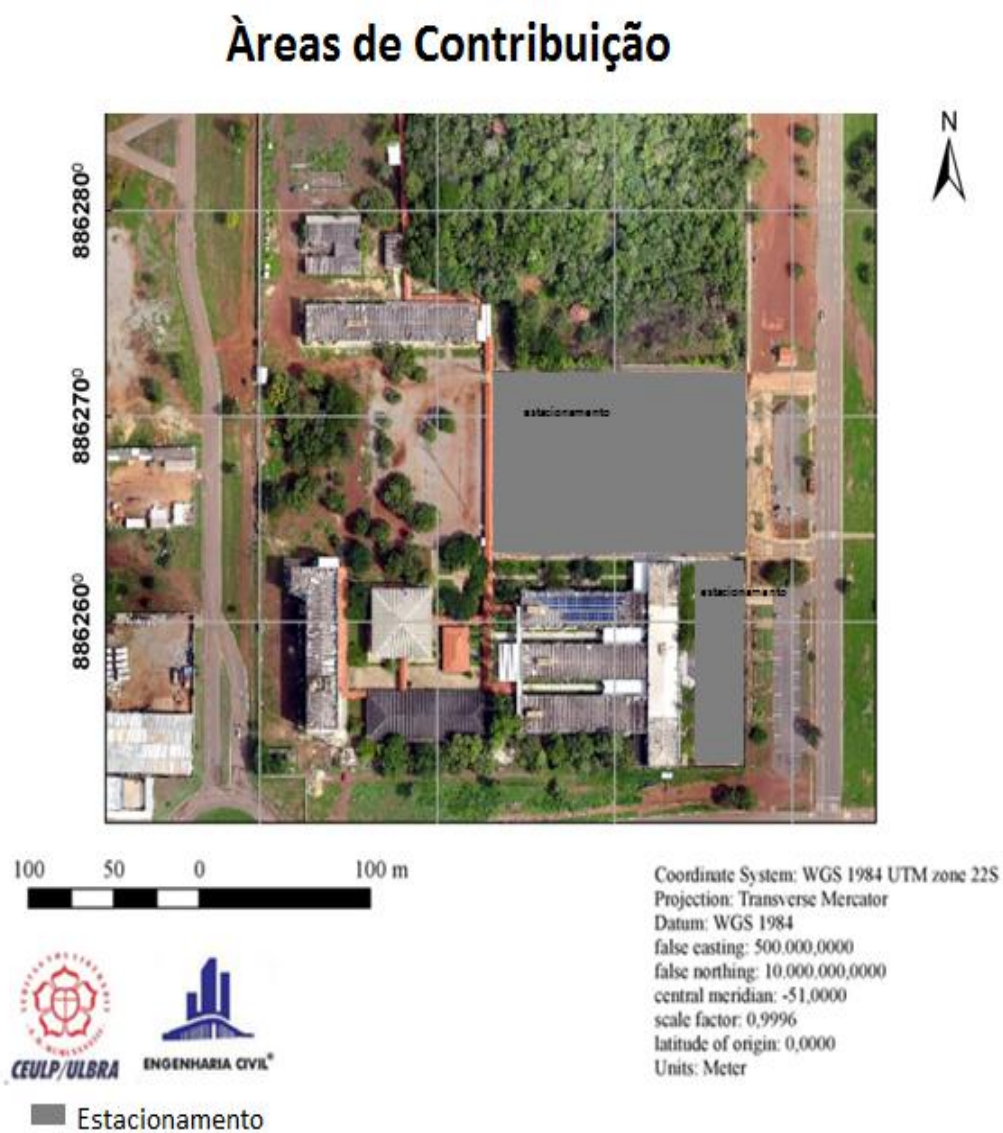
Figura 11: Área de contribuição telhado



Fonte: Autor

Figura 12, representação do estacionamento, área impermeável

Figura 12: Área de contribuição Estacionamento

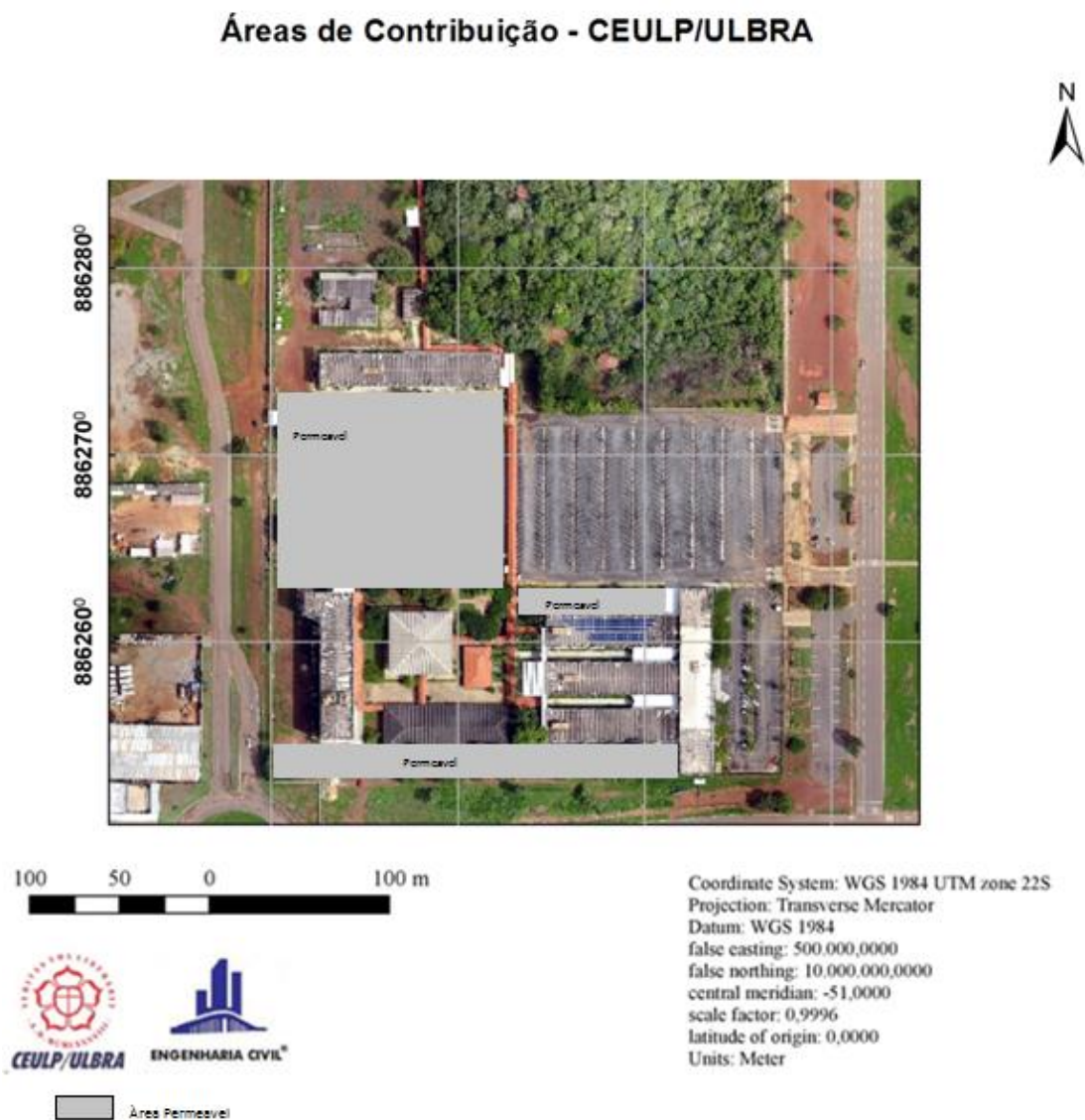


Fonte: Autor



Na figura 13, representa as áreas permeáveis, grama e terra,

Figura 13: Área de contribuição permeável



Fonte: Autor

#### 4.2.1 Interpretação das imagens

Justificando a escolha do VANT, foi feito um comparativo que possibilitou a identificação das diferentes áreas e revestimentos (figura14) e proximidade entre o valor obtido no ortomosaico e o valor na medição in loco.

Figura 14: tipo de revestimento



Fonte :autor (2018)

Na figura (14) foi obtida fotos da aeronave (esquerda) e fotos em campo, tiradas em 3 pontos distintos, em que no primeiro ponto pode se observar claramente na imagem do mosaico o tipo de pavimento no caso asfáltico com seta de direção indicando o sentido do fluxo no trecho, no segundo ponto da para notar a diferença entre o pavimentos e ainda com clareza o telhado da passarela e no terceiro ponto consegue se ver os limites da passarela e até o formato das pedras que são irregulares.

O georreferenciamento das imagens permitiu durante o processo um refinamento na resolução da imagem processada, em que foi possível observar uma riqueza de detalhes, tais como diferenças de materiais e terreno, delimitação do trecho, diferenciar as telhas de cada prédio, pinturas existente no pavimento como na figura, ponto 1.

#### 4.1.2 Comparativo das Medidas

Com o intuito de verificar a confiabilidade do ortomosaico, foi feito um comparativo conforme a tabela 1, em que se pode verificar e comparar as medidas retiradas em campo (dados reais) com uma trena da marca ROLATEPE rt312m e as do ortomosaico medidas retiradas do Arqgis.

Quadro 6: Dados dos Prédios Ulbra

| Prédios      | Em Campo    |           | Ortomosaico    |              | Variação larg<br>.(m) | Variação<br>comp.(m) |
|--------------|-------------|-----------|----------------|--------------|-----------------------|----------------------|
|              | largura (m) | Comp. (m) | largura<br>(m) | Comp.<br>(m) |                       |                      |
| Prédio 1     | 17,4        | 99,6      | 17,3           | 99,4         | 0,1                   | 0,2                  |
| Prédio 2/3/4 | 17,1        | 71,9      | 17,2           | 71,8         | -0,1                  | 0,1                  |
| Prédio 8     | 17,7        | 96,2      | 17,8           | 96,2         | -0,1                  | 0                    |
| Lanchonete   | 33,4        | 33,4      | 33,5           | 33,5         | -0,1                  | -0,1                 |

Fonte: Autor

Na tabela 1 está sendo mostrado a variação de comprimentos e de larguras de alguns prédios, as variações observadas foram baixas com apenas uma edificação apresentando uma variação maior que as outras, que apresentaram uma diferença de 10 cm. Foi no ortomosaico que se apresentou os maiores valores e apenas em um prédio apresentando a mesma distância no comprimento.

O prédio 1 foi o que apresentou a maior variação no comprimento, o valor do ortomosaico foi 20 cm menor que o coletado em campo, e existe algumas hipótese para

ocorrência dessa variação, são elas : posição do sol durante o sobrevoo pois pode gerar sombra e encobrir pontos e na imagem pode observar que existem várias árvores de grande porte ao longo do prédio em seu comprimento. E no prédio 8 pode se observar que no comprimento a variação foi zero e não contem nenhuma arvore de grande porte que faça sombra e traga essa possível distorção.

Com as amostras da tabela pode-se observar que a variação não passou de 1,0 % em nenhuma das situações, o que atesta o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado no levantamento dos quantitativos das obras de redes de abastecimento de água e redes coletoras de esgoto sanitário.

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DA MICRODRENAGEM

Para começar a calcular a vazão do projeto máxima pelo método racional se faz necessário a obtenção do C, IDF e A equação 1, foi obtido um resultado através da equação de IDF para Palmas região onde se encontra a edificação conforme equação 2, resultando um valor igual a 83,40 mm.h, para duração de chuva de 20 minutos e período de recorrência da chuva de 5 anos, já para o coeficiente de escoamento se fez uso conforme o quadro 2, em que possui um C específico para cada tipo de terreno, foi calculado o coeficiente médio ponderado conforme equação 4, adquirindo um valor de 0,56 (quadro 7).

Quadro 7: cálculo de coeficiente ponderado

|                    | área de contribuição | % área total | coeficiente | % de área | Coeficiente médio |
|--------------------|----------------------|--------------|-------------|-----------|-------------------|
| Permeável          | solo pesado          | 0,439        | 0,2         | 1         | 0,20              |
| Impermeável        | Asfalto              | 0,561        | 0,83        | 0,472     | 0,39              |
|                    | Concreto             |              | 0,88        | 0,134     | 0,12              |
|                    | Telhado              |              | 0,85        | 0,394     | 0,33              |
| <b>C ponderado</b> |                      |              |             |           | <b>0,56</b>       |

Fonte: autor (2018)

Com essas determinações pode se chegar também a porcentagem de cada tipo de superfície presente no ceulp/ulbra, onde essa porcentagem foi feita através do ortomosaico gerado pelo VANT, onde foi classificado como solo pesado (chão) equivalente a 43%, de asfalto 26,48%, calçada de concreto 7,5%, telhado 22,07%.

Obtendo uma área total analisada de 5,89 hectares, com 533,7m de extensão de rede e subdivididas em 8 áreas de contribuição.

Após concluídas todas as análises, tamanho do trecho, declividade mínima, diâmetro, raio hidráulico, vazão, velocidade, cota do terreno e profundidade do coletor referentes ao dimensionamento das redes de drenagem, pôde-se chegar aos valores finais das vazões máximas e aos diâmetros comerciais adotados para cada trecho da rede tabela 1.

Tabela 1: Rede de Microdrenagem

| trecho (PV) | l (m) | areas (há) |       | tc (mim) | Q (l/s) | D (m) | D (mm) adotado | S mínimo | S      | Q/raiz S | y/D   | V (m/s) | Te (mim) | cota de terreno |       | prof.coletor (m) |     | cota do coletor |       |
|-------------|-------|------------|-------|----------|---------|-------|----------------|----------|--------|----------|-------|---------|----------|-----------------|-------|------------------|-----|-----------------|-------|
|             |       | trecho     | acum. |          |         |       |                |          |        |          |       |         |          | mont            | jus   | mont             | jus | mont.           | jus   |
| 1-2         | 91    | 1,61       | 1,61  | 20       | 209,04  | 0,370 | 400            | 0,0115   | 0,015  | 1,685    | 0,700 | 2,27    | 40,09    | 252,8           | 251,4 | 1,4              | 1,4 | 251,4           | 250   |
| 2-3         | 34,2  | 0,44       | 2,05  | 31,03    | 266,17  | 0,359 | 400            | 0,0102   | 0,029  | 1,557    | 0,650 | 3,10    | 11,03    | 251,4           | 250,4 | 1,4              | 2   | 250             | 248,4 |
| 7-8         | 90    | 0,6        | 0,6   | 20       | 77,90   | 0,225 | 300            | 0,0183   | 0,030  | 0,450    | 0,450 | 2,26    | 39,82    | 251,8           | 249,1 | 1,3              | 1,3 | 250,5           | 247,8 |
| 8-6         | 78,2  | 0,4        | 1     | 58,71    | 129,84  | 0,313 | 400            | 0,0144   | 0,000  | 1,084    | 0,525 | 2,02    | 38,71    | 249,1           | 249,1 | 1,3              | 1,4 | 247,8           | 247,7 |
| 6-4         | 46    | 0,9        | 1,9   | 44,34    | 246,69  | 0,422 | 500            | 0,0106   | -0,015 | 2,394    | 0,450 | 1,89    | 24,34    | 249,1           | 249,8 | 1,4              | 2   | 247,7           | 247,8 |
| 4-3         | 98    | 0,51       | 2,41  | 71,31    | 312,91  | 0,471 | 500            | 0,0095   | -0,006 | 3,211    | 0,525 | 1,91    | 51,31    | 249,8           | 250,4 | 2                | 1,5 | 247,8           | 248,9 |
| 3-5         | 96,3  | 0,84       | 5,3   | 45,34    | 688,14  | 0,524 | 600            | 0,0066   | 0,026  | 4,271    | 0,625 | 3,80    | 25,34    | 250,4           | 247,9 | 2                | 2   | 248,4           | 245,9 |
| trecho (m)  | 533,7 |            |       |          |         |       |                |          |        |          |       |         |          |                 |       |                  |     |                 |       |

Fonte :autor

## 5 CONCLUSÃO

A ferramenta VANT utilizada no presente trabalho agrega agilidade e exatidão na quantificação do serviço para execução de rede de microdrenagem, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas diretamente, permitindo os processos de geração de Modelo Digital de Superfície (MDS) e de ortomosaico.

Ao obter em campo os quantitativos para execução da obra, pode ocorrer erro humano durante o seu levantamento levando isso em consideração usou-se, no experimento utilizando o VANT, percebeu-se que os quantitativos são decorrentes diretos da realidade local e se forem realizados voos bem programados, os quantitativos e as cots do terreno resultarão exatos. Foi possível comprovar que a diferença entre as imagens em campo e do ortomosaico não ultrapassaram 1%, comprovando a confiabilidade no uso da imagem georreferenciada.

Além de exatos, os levantamentos por meio dos mosaicos gerados demonstraram ser rápidos. Enquanto no método tradicional o orçamentista deve mensurar objeto por objeto, serviço por serviço, percorrendo toda extensão de rede, a tecnologia VANT permite a extração dos quantitativos de forma ágil, após a geração do mosaico. Além disso, na hipótese de alteração dos projetos, os levantamentos provenientes são atualizados instantaneamente, fato que não ocorre no método convencional (APARENTE, 2018).

Comprovado a confiabilidade das imagens, passou para cálculo do traçado de rede, onde a rede e as bocas de lobo foram definidos o mais próximo dos passeios existentes, e também definido o coeficiente de deflúvio ponderado, calculo de IDF retirado da cidade de Palmas-TO, e conseguiu calcular a vazão, e assim definido a rede total de microdrenagem a partir do ortomosaico.

Assim a metodologia utilizada no trabalho mostrou-se confiável, rápida e segura, para que no futuro haja uma possível execução desde traçado, sem que ocorra erros durante a execução do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (vant) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Católica de Pernambuco, Recife. 2014

ALVES JÚNIOR, Leomar Rufino; CÔRTEZ, João Batista Ramos; FERREIRA, Manuel Eduardo. **Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT**. -Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE <<http://www.planodesaneamentodf.com.br/drenagem-e-manejo-das-aguas-pluviais-urbanas>>

**ABNT NBR15645/2008**; Informações e documentação: execução de drenagem de águas pluviais. Rio de Janeiro 2008

**ABNT NBR 8890**: Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para fabricação e aceitação de tubos de concreto e respectivos acessórios.

BENTO, M. (2008), *“Unmanned Aerial Vehicles: An Overview”*, Inside GNSS, January/February.

BIDONE, F; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: Drenagem Urbana, org. por TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995

BRITO, J. L. N. e S.; Coelho Filho, L. C. T. **Fotogrametria digital, Universidade do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.efoto.eng.uerj.br/> . Acesso em: 09/04/ 2018.

CARDOSO NETO, Antonio. **Sistema urbano de drenagem**. 2009. 19 f. -, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAejocAG/drenagem-urbana?part=3#> Acesso em: 06 abr. 2018.

CASTRO ,Lucio André **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão**. Embrapa instrumentação- São Carlos-sp.

CHAVES, Áquila Neves. **Proposta de um modelo de veículo aéreos não tripulados (vant) cooperativos aplicados a operação de busca**. 2013. 149 f. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Cap. 2.

D. Cardoso Parente, N. Carvalho Felix, A. Pessoa Picanço (2017), *“Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico”*, Revista ALCONPAT, 7 (2), pp. 160-171, DOI: <<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161> >

DOUBLEDAY, G.; SEBASTIAN, A.; LUTTENSCHLAGER, T.; BEDIENT, P. (2013). **Modeling hydrologic benefits of low impact development: a distributed hydrologic model of The Woodlands, Texas**. *Journal of The American Water Resources Association*, v. 49, n. 6, p. 1.444-1.455.



GIUFFRIDA, F. Property Drone Consortium. **Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment.** 2015. Disponível em: <<http://propertydrone.org/wp-content/uploads/2017/01/Potential-Uses-and-Considerations-Regarding-the-use-of-UAS-Technology-in-Assessment-c.pdf>>. Acesso em: 15. Out. 2018.

HORN, J. F. C.; TAMIOSSO, M. F; SILVEIRA, G. L; CRUZ, J. C; SANAGIOTTO, D. G; PADILHA, D. G; MAZIEIRO, E; SILVA, R. L. L. **Coefficientes de escoamento superficial:** estudo comparativo entre dados observados e literatura. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 2011

JORGE, L. C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão.** Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro técnico científico (ALICE), São Carlos. 2014

JUNIOR, Leomar Rufino Alves; **Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT,** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil 2015, INPE.

Livro drenagem urbana e controle de enchentes 2 edição 2015 disponível em: <<https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/controle-de-enchentes-medidas-estruturais-e-nao-estruturais/>> acesso 06/04/2018

Plano municipal de saneamento básico de Palmas-to, disponível <[http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB\\_palmas\\_volume\\_03\\_drenagem\\_urbana\\_versao\\_final\\_1.pdf](http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_palmas_volume_03_drenagem_urbana_versao_final_1.pdf)>

RIBEIRO, N. C. **Avaliação da impermeabilização e ocorrência de inundações na Bacia do Rio Bacacheri.** Curitiba: UFPR, 2007. 123f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental)-Curso de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N0 67/7: 1439-1452 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936

RODRIGUES, Cristhyano Cavali da Luz & Alzir Felipe Buff ara Antunes, **Validação da tecnologia na atualização de bases de dados cartográficos-estudo de caso: sistema carstico do rio são João.**

SOARES, Andreza Aparecida. **Avaliação da estratégia de controle de enchentes através de reservatórios de retenção de águas pluviais na sub-bacia do Alto Tietê - São Paulo.** 2007. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado- Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121340>>

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas.** In: **Drenagem Urbana,** org. por TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995.

VENTURINE, André borin. **Imagens de veículos aéreos não tripulados aplicados para dimensionamento de redes de microdrenagem pluvial.** Trabalho de conclusão de curso, universidade federal de santa maria.2015

## APÊNDICE