



## **Dimensionamento rede de drenagem urbana solução para problema de enchente na cidade de Bebedouro/SP**

### **Dimensionamiento de la red de drenaje urbano Solución al problema de las inundaciones en la ciudad de Bebedouro/SP**

#### **Marili Siqueira da Silva**

Cientista Social, aprovada pelo comitê científico do CAPES, autora do livro “Análise para o Futuro, publicado em 2020, vendido em mais de 60 países, é escritora e autora de outros livros acadêmicos e de cadernos de atividade de práticas supervisionadas. É mestra em Ministry in Business Administration pela Florida Christian University/ FCU/USA. É mestranda em Engenharia Civil na Unicamp, pós graduada em Gestão Empresarial e Financeira pelo Centro Universitário de Santo Andre - Unia , pós graduada em Logística e Processos Industriais pela Faculdade de Ciências Gerenciais de Jundiaí - FCG, MBA em Gestão de Negócios Internacionais pela Florida Christian University - FCU/USA, pós graduada em Estratégias de Marketing Aplicadas ao Turismo e Hotelaria pela Universidade de São Paulo - USP, pós graduada em Gestão de Pessoas pelo Centro Universitário Ibero-Americano - Unibero, pós graduada em Didática do Ensino Superior pela Faculdade Politecnica de Jundiaí - Anhanguera, pós graduada em Metodologias Ativas – Unifaj, pós graduada em Estética Avançada pela Uniasselvi, graduada Bacharel em Administração de Empresas pelo Centro Universitário de Santo Andre - Unia e graduada Bacharel em Ciências Contábeis pela Unifaj, graduada em Matemática pela Uniasselvi. É Professora universitária com vasta experiência no setor, atuando como Docente, Coordenadora e Diretora de Instituição de Ensino, com 23 anos de experiência em cursos de graduação em Administração, Tecnólogos e Engenharia e há 16 anos em cursos de Pós-graduação. Experiência profissional de 31 anos na área administrativa, financeira e produção. Foi Diretora Executiva de Estratégias em empresa do setor de Franquia e Diretora Executiva no setor de Energia Elétrica, Consultora e Assessora em Gestão Empresarial desde 2001. Exerce Mentoria e Coaching de Gestores e Executivos de diferentes setores de negócio. É palestrante na área de Gestão de Negócio e Gestão Estratégica, entre outros temas. Como professora de graduação e pós-graduação, leciona diferentes disciplinas: Engenharia de Manutenção, Engenharia Econômica, Pesquisa Operacional, Gestão da Qualidade, Gestão de Pessoas, Administração Financeira e Orçamentária, Custos de Produção, Gestão Estratégica, Competências Profissional, PCP, Processos de Fabricação, Projeto do Produto, Gerenciamento de Projetos e Logística, Gestão de Obras, Mecânica e Fluidos, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Empreendedorismo, Metodologia Científica, TCC, Estágio, entre outras. Atualmente é Diretora de Polo Educacional IEMS – Instituto Educacional Marili Siqueira, Universidade Uniasselvi  
E-mail: marilisiq50@gmail.com

#### **Leonilson Leandro da Silva**

Engenheiro de Agrimensura e Engenheiro de segurança do trabalho pela FAEP (Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga- SP), É Engenheiro Civil pela Unifaj, pós-graduado em Agricultura de Precisão pela FAZU Uberaba, Técnico em Agrimensura, curso de Especialização de Georreferenciamento pela Faculdade Logatti Araraquara SP . Atividades técnicas profissionais nas áreas e segmento de; Engenharia Civil, Elétrica Mecânica, Hídrica, CTM, Georreferenciamento, Geométrica e infraestrutura, atuando nas atividades de: Topografia, Cartografia, Geodesia, Projetos de infraestrutura e obras de vias, Loteamentos Residências, Industriais, construção de Shopping, Supermercados e Hiper Mercados, Parques Industrial, Ferrovias, Hidrologia, geração e transmissão de energia, saneamento básico etc. Com atuação profissional desde 1988 nos segmentos da Construção Civil leve e pesada no que tange: Mecânica Industrial, geração e transmissão de energia, Loteamentos Residenciais, Rodovias, Hidrobatimetria, Inventários Hidrológicos, Projetos e implantação de PCHs e UHEs, Projetos Ambientais, Civil cultura, Agricultura de precisão, Agrimensura legal e afins  
E-mail: leonilson@geo-top.com.br



### **Hésli Ribeiro de Oliveira Bombo**

Bacharelada em Ciências Contábeis pela UNISO (Universidade de Sorocaba), Engenheira de Agrimensura pela FEAP (Faculdade de Engenharia e Agrimensura de Pirassununga), Engenheira Civil pela Unifaj, MBA em Gestão Empresarial pela FGV (Fundação Getúlio Vargas – Sorocaba-SP). Diretora Geral motivado, com 19 anos reconhecido por assessoria em necessidades operacionais e desenvolvimento de soluções para poupar custos, desenvolver lucro e direcionar a satisfação dos consumidores. Engenhoso e bem organizado, com excelentes competências em liderança e desenvolvimento de equipes. Total competência em agilidade para respostas, capacidade de tomar decisões, ter sensibilidade para lidar com pessoas, saber liderar e sempre motivar e inspirar, ser transparente e saber compartilhar e ter ética pessoal e profissional

E-mail: hesli@nhsterraplenagem.com.br

### **Ulisses Luiz Zerbinatti**

Engenheiro de Agrimensura pela FAEP (Faculdade de Pirassununga SP), É \Engenheiro Civil pela Unifaj, Técnico em Agrimensura pela Escola Técnica de Jundiá(CTJ), Georreferenciamento de Imóveis Rurais pela FAEP (Faculdade de Pirassununga SP), Georreferenciamento completo pela Métrica e Regularização Urbana pela Métrica, Atividades técnicas profissionais na área de Topografia; levantamentos Planimétricos e levantamentos Planialtimétricos Cadastrais, Processo de Retificação Administrativa de área, Projetos de Desmembramento e Unificação de glebas, Regularização Ambiental e rural, Loteamentos (Projetos de infraestrutura), Acompanhamento de obras (gabaritos, locação de brocas para fundação e Calculo de terraplenagem

E-mail: engenhariazerbinatti@gmail.com

### **RESUMO**

A maioria dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, tem experimentado nas últimas décadas uma expansão urbana com infraestrutura de drenagem deficiente, resultando em problemas de inundação, principalmente devido à rápida expansão da população urbana. Um ponto que gera grande incômodo à população e que não recebe obras de melhoria e por isso alaga durante chuvas fortes está localizado na zona oeste no cruzamento da Avenida Raul Furquim com a Rodovia Armando Sales de Oliveira SP 322, o ponto tem grande tráfego nos horários de pico e é uma importante via de acesso à cidade de Bebedouro. O objetivo geral da pesquisa foi analisar e dimensionar novos canais de águas pluviais no trecho em estudo, na cidade de Bebedouro e os impactos causados pela deficiência e ausência do processo de gestão dessa água.

**Palavras-chave:** Dimensionamento, drenagem, inundação, rede, topografia.

### **RESUMEN**

La mayoría de los países en desarrollo, entre ellos Brasil, han experimentado en las últimas décadas una expansión urbana con una infraestructura de drenaje deficiente, lo que resulta en problemas de inundaciones, debido principalmente a la rápida expansión de la población urbana. Un punto que genera grandes molestias a la población y no recibe obras de mejora y por lo tanto se inunda durante las fuertes lluvias se encuentra en la zona oeste en la intersección de la Avenida Raul Furquim y la Carretera Armando Sales de Oliveira SP 322, el punto tiene mucho tráfico en las horas pico y es una importante vía de acceso a la ciudad de Bebedouro. La investigación tuvo como objetivo general analizar y dimensionar nuevos canales de aguas pluviales en el tramo en estudio, en la ciudad de Bebedouro y los impactos causados por la deficiencia y ausencia del proceso de gestión de estas aguas.

**Palabras clave:** Dimensionamiento, drenaje, inundación, red, topografía.



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE, Bebedouro-SP teve na década de 90 um êxodo rural, com os novos e crescentes fluxos populacionais em busca de melhoria de vida.

O índice de desenvolvimento humano (IDHM) da cidade em 1990 era de 0,55 no ano de 2010 a situação passou a ser de 0,78 na região.

O município possui um clima tropical com estação seca, tem temperaturas médias mensais acima de 18 °C em todos os meses do ano, e possuem tipicamente uma estação seca bem pronunciada, com o mês mais seco tendo menos de 60 mm de precipitação e também menos de 100 mm de precipitação do mês durante o ano, assim acarretando nessa época surgimento de diversas áreas de alagamento devido à chuva.

O Município de Bebedouro/SP apresenta uma hidrografia bastante ampla no seu perímetro urbano, enaltecendo a necessidade de estudos e projetos para a implantação de medidas eficientes no setor da drenagem urbana, portanto, como estudo de caso foi escolhido um trecho da Avenida Raul Furquim.

Um ponto que gera grandes transtornos à população e não recebe obras de melhoria e assim apresenta inundação no período de fortes chuvas está localizado na zona oeste no cruzamento da Avenida Raul Furquim com a Rodovia Armando Sales de Oliveira SP 322, o ponto possui tráfego intenso nos horários de pico é uma importante rota para a cidade de Bebedouro, passagem para a população que se destina as zonas norte e central, acesso a pequenas cidade ao redor, entre outros destinos de locomoção, é de extrema importância para o âmbito social.

A justificativa ao desenvolvimento desse trabalho está ligada a importância de se ter um sistema de drenagem eficiente, com capacidade de escoamento de chuvas excepcionais, adequando o sistema já existente com medidas para o controle de fontes geradoras de problemas.

As inundações geram muitos prejuízos a população: Inundações podem esconder buracos e depressões, que elevam os riscos de acidentes a população, além de a corrente de água gerar riscos de vidas por afogamento.

Após entrevistas e registro informal com moradores da cidade, muitos relataram diversos pontos de alagamento no perímetro urbano, onde o mais notável foi o cruzamento da Av. Raul Furquim e Rod. Brigadeiro Faria Lima. Posteriormente, em visita ao local, ficou contatado que após uma chuva moderada houve alagamento na região.



Tanto a ausência como a ineficiência dos sistemas de drenagem urbana geram o aumento excessivo do volume de escoamento superficial, podendo ainda ser agravado pela expansão urbana. Este aumento do volume de escoamento superficial promove as enchentes que por consequência trazem consigo enormes prejuízos. A proposição de critérios a serem assumidos no dimensionamento das galerias através de um software de águas pluviais, sem qualquer emprego de ábaco, são partes integrantes de uma sistemática de cálculo que permite fixar diâmetro, declividade, recobrimento da galeria, bem como vazão e velocidade de escoamento, além de cotas do terreno, da galeria e de poços de visita que nortearão a construção da rede. Conseqüentemente o trabalho trará foco na melhoria da vida sócio e cultural de toda a população bebedourense.

O município possui outras áreas que se assemelham a essa, o problema é de tal ordem que é difícil à previsão do sistema para planejamento e controle. O sistema atual deve ser estudado para implantação de soluções adequadas. O presente trabalho tem como objetivo sugerir possíveis medidas estruturais para diminuição dos problemas de drenagem urbana no cruzamento.

A pesquisa teve como objetivo geral analisar e dimensionar novas galerias de águas pluviais no trecho em estudo, no município de Bebedouro e os impactos causados pela deficiência e ausência do processo de manejo dessas águas.

## **2 URBANIZAÇÃO E SANEAMENTO**

No Brasil durante muitos anos, como em outros países, a drenagem urbana das grandes metrópoles foi abordada de maneira acessória, no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos. Na maior parte dessas grandes metrópoles, o crescimento das áreas urbanizadas processou-se de forma acelerada e somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão.

O saneamento em quase todo o país é um tema desafiador como política pública para os gestores, principalmente os municipais, responsáveis diretos em promover o desenvolvimento e a redução das desigualdades sociais e a melhoria da saúde da coletividade. Para Guimarães, Carvalho e Silva (2007) saneamento equivale à saúde, pois sanear quer dizer tornar sadio, saudável, ou seja, o saneamento promove a saúde pública preventiva, reduzindo a necessidade de procura aos hospitais, porque elimina a chance de contágio por doenças.

As áreas urbanas são os ambientes mais modificados pelo homem onde a urbanização afeta todas as partes do ciclo hidrológico (Semadeni-davies et al. 2008). Ela promove a remoção da cobertura vegetal e impermeabilização, aumentando o volume e a velocidade de escoamento das águas pluviais e, conseqüentemente, o risco de enchentes.

Diversas cidades do país apresentam constantes problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais. O aumento da urbanização junto com a falta de planejamento eleva os riscos desses problemas. A necessidade de um planejamento urbano relacionado, principalmente, à drenagem urbana, somadas às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo, constituem ingredientes favoráveis à geração de problemas urbanos muitas vezes de difíceis soluções e, na maioria das vezes, que requerem medidas estruturais (obras) onerosas.

Grande parte das cidades brasileiras não possui normas de fiscalização referente à drenagem urbana. Pois segundo Tucci (2002), o Plano Diretor Urbano existe para que cada município introduza o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana.

Planejar ou gerenciar sistemas de drenagem urbana envolve administrar um problema de alocação de espaço. A urbanização caótica e o uso inadequado do solo provocam, a redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios e estes, por sua vez demandarão outros locais para ocupar. Historicamente, os engenheiros responsáveis pela drenagem urbana tentaram solucionar o problema da perda do armazenamento natural, provocando o aumento da velocidade dos escoamentos com obras de canalização (CANHOLI, 2014).

## 2.1 DADOS PARA O ESTUDO DA ÁREA

Para este estudo foi realizada uma busca no site do município de Bebedouro/SP para obtenção de dados referentes da região de enchente, plano diretor e informações pertinentes da região. No site foi adquirido apenas o mapa completo da cidade de Bebedouro/SP, com as dimensões existentes. Demais dados para estudo do local foram feitos in loco pela empresa Geo-Top Tecnologia de Precisão.



O estudo da área escolhida caracteriza-se pelo levantamento in loco do ponto de acúmulo de água. O dimensionamento foi realizado através de um software de cálculo C3DRESNG, levando em conta a bacia de contribuição para a área de

enchente. Nesse período foi fotografado e analisado o ponto problemático com diferentes níveis de precipitação.

A área de estudo do presente trabalho se refere a um cruzamento entre a Av. Raul Furquim e a Rod. Armando Sales de Oliveira, localizada na cidade de Bebedouro/SP. O município de Bebedouro está localizado na região norte do estado de São Paulo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), o município possui área total de 682,511 km<sup>2</sup> e estimativa de 77,436 habitantes.

O município de Bebedouro possui uma pequena galeria de águas pluviais na área em questão (Oeste), o estudo está sendo feito com base em informações coletadas visualmente e estudos teóricos e técnicos.

Para determinação das vazões na área de estudo, foram utilizados os estudos desenvolvidos pelo Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo relativos à cidade de Barretos-SP, distante aproximadamente 58km da obra em estudo. Empregou-se a equação de intensidade de chuva, que relaciona intensidade – duração – período de retorno (frequência).

### **3 DADOS E INFORMAÇÕES TOPOGRÁFICAS**

No levantamento topográfico planialtimétrico, foi realizado com imageamento RPA.

O trabalho foi desenvolvido à uma altitude de 110 metros por drone, conseqüentemente processados por RPA.

Os elementos básicos disponíveis para a elaboração do presente estudo são os seguintes. Levantamentos topográficos planialtimétrico na área de abrangência do projeto; Equação de chuvas intensas para a cidade de Barretos;

Atlas Climatológico e Ecológico do Estado de São Paulo;

Tentativa de Avaliação do Escoamento Superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo;

Cartas Topográficas da cidade e do IBGE nas escalas 1:2.000 e 1:50.000 respectivamente;



Inspeção Visual – A equipe de projetos foi a campo e inspecionou o trecho em estudo, com objetivo de identificar os problemas existentes e avaliar as características locais.

### 3.1 APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DO RPA

A Automação Robótica de Processos (ou apenas RPA – Robotic Process Automation) vem chamando cada vez mais atenção em todo mundo. Usando ferramentas de RPA, uma empresa pode configurar um software, ou um “robô”, para capturar e interpretar aplicativos para processar uma transação, manipular dados, disparar respostas e se comunicar com outros sistemas digitais. Os cenários de RPA variam de algo tão simples quanto gerar uma resposta automática a um e-mail até implantar milhares de bots, cada um programado para automatizar tarefas em um sistema ERP. O drone é comandado pelo sistema RPA, os drones são pequenas aeronaves não tripuladas conhecidas também pela sigla VANT (veículo aéreo não tripulado). Trata-se de uma aeronave controlada remotamente por controles remotos. Os drones, aplicados à aerofotogrametria, possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que, juntamente com outras variáveis, são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional como por exemplo, Estação Total ou GNSS RTK, além da

utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos o drone realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais.

Os drones podem ser úteis em diversos outros segmentos, desde aplicações com maiores níveis de especialização, até aplicações cotidianas. Estes podem ser explorados nas áreas de segurança pública e privada, mineração, energia, mercado imobiliário para vistorias, mapeamentos de diversas finalidades, inspeções para fins de seguro, acompanhamento de obras e diversas outras aplicações que ainda devem surgir. Os drones oferecem ainda muitas oportunidades de empregos para operadores e profissionais especializados no processamento e análise dos dados. Além dos empregos, estima-se ainda que muitos custos operacionais serão reduzidos e isso pode refletir diretamente no bolso do consumidor final.

### 3.2 INFORMAÇÕES HIDROLÓGICA PARA O DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

Área de contribuição - (AD): 170 Ha Tempo de Retorno (T): 10 anos

Método de cálculo Utilizado – Método Racional

Nome do curso d'água envolvido: Córrego do Mandembo Coordenadas UTM – SIRGAS 2000:

N= 7683220.81m E= 760086.76m

Coordenadas geográficas: Latitude: 20°55'59.40"S Longitude: 48°29'57.00"O

Região Hidrológica (Parâmetro C): Y – (C7, M = 0,80)

Região Hidrológica Semelhante: N Precipitação Anual Média: 1350mm

Figura 3.2.1: Bacia hidrográfica de contribuição



Fonte: Google Earth Pro

Figura 3.2.2: Trecho da obra



Fonte: Google Earth Pro

Figura 3.2.3: Ponto de alagamento no cruzamento da Avenida Santos Drumond com a Avenida Prefeito Joaquim A. Guimarães.



Fonte: Google Earth Pro

#### 4 PARÂMETROS PARA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

Considerou-se que o ponto de alagamento recebe toda água de chuva da bacia de contribuição, que não é infiltrada no solo.

Para estimativa de infiltração adotou-se o coeficiente de RUNOFF de 0,70 ( $C=0,70$  - Fonte DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo).

Para efeito de cálculo considerou o talvegue a maior distância em linha reta do ponto mais alto ao ponto mais baixo da área da bacia de contribuição.

##### 4.1 PERÍODOS DE RETORNO

Foi utilizado o período de retorno igual a 10 anos, visto que foram dimensionados apenas dispositivos de drenagem superficial.

##### 4.2 PERÍODO DE RECORRÊNCIA

O Período de Recorrência adotado para as áreas em estudo, uma vez fixados o tempo de recorrência e o tempo de concentração da sub-bacia, proceder-se-á ao cálculo da intensidade média da precipitação, considerando-se os valores referentes aos diversos tempos de duração da chuva, as quais relacionam tempos de recorrência com as correspondentes alturas máximas de precipitação obtidas mediante estudos estatísticos dos dados hidrológicos para o posto hidro meteorológico adotado.



#### 4.3 PERÍODO DE RECORRÊNCIA

Coeficiente de escoamento utilizado para as ruas e áreas pavimentadas e ou coberta é igual a 1,0; para áreas gramadas e descampados igual a 0,60; e para áreas coberta com mata igual a 0,30. O coeficiente usado no projeto foi  $c = 0,70$ .

#### 4.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

É o tempo necessário para que todas as partes da bacia passem a contribuir para a seção de drenagem medida a partir do início da chuva.

Em outras palavras, é o tempo que leva uma partícula para escoar desde o ponto mais distante de uma bacia até a seção considerada.

Pela própria concepção do Método Racional, o tempo de concentração será igualado ao tempo de duração de precipitação. O erro na estimativa do tempo de concentração será tanto mais grave quanto menor a duração a ser considerada, sendo maior a variação da intensidade com o tempo. Para as grandes durações do tempo de concentração, as variações da intensidade com incrementos iguais de tempo são bem menos importantes.

A seguir mencionamos os parâmetros das bacias de drenagem a serem consideradas:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do canal principal (o mais longo);
- Forma da bacia;
- Declividade média do terreno;
- Rugosidade do canal;
- Tipo de recobrimento vegetal.

Para os projetos de drenagem urbana, o tempo de concentração será calculado como sendo composto de duas parcelas, que são:

- a) Tempo de escoamento superficial:

É o tempo gasto pelas águas precipitadas nos pontos mais distantes da bacia, para atingir a primeira boca de lobo.

Considera-se, o tempo que a água leva para percorrer telhados, calhas, calçadas, etc.

Este tempo será compreendido entre 3 a 20 segundos. Segundo recomendações feitas no “Relatório do Estudo para Controle de Erosão no Noroeste do Estado do Paraná - OEA/DNOS”.

“ Este valor não deverá ser superior a 10 minutos (tempo inicial). No projeto em questão adotou-se esse valor limite para o dimensionamento dos coletores”.

b) Tempo de percurso:

É o tempo de escoamento dentro dos condutores, desde a primeira boca de lobo até a seção que se considera. Esse tempo pode ser calculado levando-se em consideração a velocidade média do escoamento no coletor e a extensão do percurso com base na fórmula de MANNING.

#### 4.5 PARÂMETROS DA REDE PLUVIAL

- a) Velocidade mínima de escoamento na tubulação de concreto:  $v = 0,75$  m/s
- b) Velocidade máxima de escoamento na tubulação de concreto:  $v = 5,00$  m/s
- c) Coeficiente de rugosidade considerado para o concreto:  $n = 0,015$  s/m
- d) Diâmetro e Declividade adotada para a canalização que ligam as bocas de lobo aos poços de visita ou caixa de ligação é de: 0,60 m e 0,80m para ramais e 1,50 m e 2,00 para a rede principal, declividade máxima de 9,50 %, respectivamente.
- e) Distância máxima entre os poços de visita: 150 metros
- f) Recobrimento mínimo da tubulação: 0,80 metros

#### 4.6 SERVIÇOS PRELIMINARES

A obra será executada conforme especificações que segurem dentro das normas de construção e, obedecendo aos desenhos e detalhes do projeto elaborado pela empresa com o aval do fiscal.

O projeto estrutural, projeto arquitetônico e memorial descritivo, é complementar entre si, devendo o empreiteiro ao apresentar a sua proposta, declarar que não encontrou qualquer divergência entre os mesmos, nem dúvidas na interpretação dos detalhes.

Os serviços não aprovados em que apresentarem vícios ou defeitos de execução serão demolidos e reconstruídos por conta da firma empreiteira.

Os materiais que não satisfizerem as especificações ou forem julgados inadequados, serão removidos do canteiro de obras dentro de 48 horas, a contar da determinação do engenheiro fiscal.

#### 4.7 ESTRUTURA

Foi previsto no local de lançamento um dissipador de energia, com ala, escada hidráulica e dissipação em pedra marroada com argamassa de cimento. No trecho frontal ao fluxo de lançamento nas duas margem do curso d'água LD/LE foi previsto a execução de 30m de gabião para que seja realizado o lançamento do fluxo hídrico adequado sem causar danos ambientais de carreamento de material sólido, orgânico e erosão hídrica no curso d'água no trecho, salientado que angulo de chegada da GAP em relação ao curso d'água no trecho de lançamento no sentido a jusante, foi projetado de tal forma que a chegada da rede GAP no curso d'água fique no ângulo inferior a 45° graus.

Figura 4.7.1: Dissipador de energia.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 4.7.2: Dissipador com pedra marroada.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

## 5 RESULTADOS

### Tempo de contribuição

Para áreas de contribuição foi utilizada a fórmula de Kirpich, publicada no Califórnia “Culverts Practice” (1956), expressa por:

$$T_c = 57 (L^2 / I)^{0,385}$$

Sendo: L = Comprimento do percurso em (km); I = Declividade do curso d'água em metro (km);  
Tc = Tempo de concentração da bacia em minutos; Substituindo os valores na expressão acima, teremos:

Os tempos de concentrações mínimos a serem adotados são os seguintes:  
Bueiros de greide: 5 minutos.

A partir do ponto inicial do sistema de drenagem deve-se acrescentar o tempo de percurso do escoamento calculado através do método cinemático, conforme a seguir indicado:

$$t_p = t_e + \left( \frac{L}{60v} \right)$$

Onde: tempo de concentração mínimo de entrada (fase laminar) (min); tp: tempo de percurso (min);  
L: comprimento a ser percorrido pelo escoamento superficial (m); v: velocidade do escoamento (m/s);

Substituindo os valores na expressão acima, teremos:

### 5.1 CHUVA CRÍTICA

Para o cálculo da chuva crítica, será utilizado o valor de “Tc” calculado no item 5.1.1.2, período de retorno de 10 anos.

O cálculo da intensidade (i) de chuva crítica, para localidade mais próxima da construção da barragem, será utilizada a equação de intensidade da chuva crítica de Barretos – SP, dada pela seguinte expressão:

$$I = 17,78. (T_c + 20)^{-0,834} + 4,98. [(T_c + 20)^{-0,834}. \ln (T - 0,50)]$$

$$I = 2,215 \text{ mm/min ou } 132,90 \text{ mm/h}$$

Sendo: I = intensidade da chuva crítica (mm/min); Tc = Tempo de Concentração (min)  
T = Período de retorno (10 anos)



## 5.2 CÁLCULOS DE VAZÃO DE CHEIA

As vazões de projeto foram calculadas a partir de método indireto da Fórmula Racional, em função das pequenas áreas parciais de contribuição.

Este método é aplicado no cálculo das vazões para áreas de até 200 ha. Tem como conceito fundamental que a máxima vazão ocorre quando toda a bacia está contribuindo plenamente e a intensidade de chuva é constante e uniformemente distribuída em toda a área da mesma.

(Área de Drenagem  $AD \leq 1,70 \text{ km}^2$ ).

$$Q_p = 0,1667 \cdot C \cdot I \cdot AD$$

Sendo:  $Q_p$  = Vazão de Cheia ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial ( $c=0,70$ )

$I$  = Intensidade de chuva crítica ( $\text{mm}/\text{min}$ ) –  $2,215 \text{ mm}/\text{min}$   $A$  = Área da Bacia de contribuição ( $\text{Ha}$ ) – 170

Há

$D$  = Coeficiente de distribuição espacial da chuva ( $K=0,99$ ) Substituindo os valores na expressão acima, teremos:

$$Q_p = 0,1667 \cdot 0,70 \cdot 2,215 \cdot 170 \cdot 0,99 = 42,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Índice de infiltração urbana: 14%, portanto:

$$Q_p = 36,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

A expressão anterior pressupõe a concepção fundamental de que a máxima vazão, provocada por uma chuva de intensidade uniforme, ocorre quando todas as partes da bacia passam a contribuir na secção ou ponto de coletor.

Este raciocínio ignora a complexidade do processamento do deflúvio, não considerando em especial, o armazenamento de água na bacia provocada pelo tipo de terreno, bem como a declividade média da bacia e as variações de intensidade e do coeficiente de escoamento durante o transcorrer do período de precipitação.

## 5.3 DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICO

Os dimensionamentos dos dispositivos de drenagem, principalmente os bueiros de greide, se tornam viáveis após o detalhamento do projeto geométrico executivo.

Os elementos para o dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem são:

A Fórmula de Manning associada à Equação da Continuidade foi utilizada para a determinação do nível d'água e velocidade de escoamento nos bueiros, bem como para o dimensionamento das sarjetas, valetas e canais, conforme segue:

$$V = \frac{Rh^{2/3} \cdot i^{1/3}}{n}$$

Onde: V= velocidade de escoamento, em m/s; i = declividade longitudinal, em m/m; Rh= raio hidráulico, em m;

N = coeficiente de rugosidade;

Substituindo os valores na expressão acima, teremos:

O projeto por hora apresentado se faz jus em função das recentes ocorrências de enchentes na região. As bacias de contribuição na região, tem a rua Raul Furquim como seu curso normal das águas pluviais. No ponto mais baixo da rua, no cruzamento com a Rodovia Armado Sales de Oliveira, existe a maior parte de concentração de água, aonde ocorre o maior número de acidentes.

A área urbana conta com sarjeta, sarjetão, bocas de lobo e galerias nas ruas, sendo as principais estruturas hidráulicas responsáveis pela coleta e destino das águas superficiais provenientes das chuvas. O total dessas unidades não são suficientes para toda a área urbanizada Da região, sendo, portanto inexistentes em alguns pontos. Assim, há, como em outras cidades brasileiras, pouco emprego desse tipo de estrutura hidráulica, principalmente galerias e bocas-de-lobo, com a função de receber, aduzir e destinar as águas pluviais geradas no ambiente urbano.

Nos locais onde não existem estruturas de microdrenagem são insuficientes, a água das chuvas tende a escoar exclusivamente sobre as sarjetas existentes ou sobre o leito carroçável, contribuindo com a sua deterioração, além de comprometer a qualidade de vida da população local.

Algumas das enchentes são observadas em campo são apresentadas nas Figuras a seguir.

Figura 5.3: Enchente no cruzamento da Raul Furquim com a Rodovia Armando Sales de Oliveira.



Fonte: Desenvolvida pelos autores-Fotos tiradas na cidade de Bebedouro-SP.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que os problemas relacionados a drenagem urbana no cruzamento da avenida Raul Furquim e Rod. Armando Sales, possivelmente são referentes a dimensionamentos das galerias pluviais, agravado devido à falta do sistema de drenagem.

As bocas de lobo apresentam-se insuficientes para os problemas de enchentes, não são capazes de suportar os dias de chuva média.

As galerias de águas pluviais apresentaram incompatibilidade com o atual desenvolvimento urbano, as profundidades de assentamento de greide seriam muito altas para a tubulação existente, assim como a velocidade está excessiva, devido a inclinação do terreno.

Esses problemas têm seus colapsos observados no ponto mais baixo do sistema de drenagem, que é no cruzamento estudado, e como as galerias não conseguem escoar a água durante as fortes precipitações o trecho é inundado.

As galerias precisam de ajuste e o um novo dimensionamento, o presente trabalho sugere um novo projeto de dimensionamento de drenagem pluvial. Outras soluções para diminuir o problema seriam a construção de áreas de retenção de água de chuva, uso de asfalto permeável, outras medidas estruturais e não estruturais.

## REFERENCIA

BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS. Águas de chuva Engenharia das águas nas cidades. 3ª edição, Edgar Blücher Ltda, São Paulo, 2011.

CANHOLI, ALUÍSIO PARDO. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2ª edição, Oficina de Textos, São Paulo, 2014.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. 2º edição, DAEE, São Paulo, 2006.

DER (1988). Detalhes de Projeto de Drenagem Superficial. Normas Técnicas. Departamento Estadual de Estradas e Rodagem.

DNER (1990). Manual de Drenagem de Rodovias. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

MARTINEZ JÚNIOR & MAGNI (1999). Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo. Edição revisada. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras – Departamento de Águas e Energia Elétrica – Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. São Paulo, SP.

PEIXOTO, M. C. D. Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima/MG. In. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em planejamento Urbano e Regional, Salvador, 2005.

PMSP (1999). Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Edição Eletrônica.

PORTO, R. M. (1999). Hidráulica básica. 2a edição. Projeto REENGE. EESC-USP. São Carlos, SP.

RIGHETO, A. M. (1998). Hidrologia e Recursos hídricos. 1a edição. Projeto REENGE. EESC-USP. São Carlos, SP.

SEMADENI-DAVIES, A.; HERNEBRING, C. e SVENSSON, G. The impacts of climate change and urbanization on drainage in Helsingborg, Sweden: Suburban stormwater. In: Journal of Hydrology, n. 350, p. 114-125. 2008.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana- Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, RBRH, 2002.

TUCCI, C. E. M; MARQUES, D. M. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1ª edição, UFRGS, Porto Alegre, 2000.