

# Aplicação de microrreservatório de retenção em sistemas de microdrenagem urbana: um estudo de caso de sub-bacias do Ribeirão Lavapés em Bragança Paulista

Evandro Argentini Binoti Junior, Henrique Antonio Pinheiro Bueno, Rafael Yago de Moraes<sup>1</sup>  
Prof<sup>o</sup> Mestre Heitor Berger Campos <sup>2</sup>  
Universidade São Francisco  
[jrargentini@hotmail.com](mailto:jrargentini@hotmail.com)

<sup>1</sup>Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

<sup>2</sup>Professor Orientador do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

**Resumo:** A bacia do lavapés em Bragança paulista é uma região afetada pelas constantes inundações além da falta de infraestrutura das drenagens, apresentando grande parte do ribeirão canalizado, desprovido de mata ciliar e com grande quantidade de esgoto e lixo doméstico causando uma sobrecarga na drenagem urbana. O objetivo do trabalho é pesquisar uma solução através de processos de microdrenagem envolvendo Microrreservatórios de retenção no canal de macrodrenagem do Ribeirão Lavapes, que visam a mitigação dos principais problemas de drenagem e que possibilitem uma vazão controlada em função do tempo e da intensidade pluviométrica estudada. Tratou-se de um estudo de caso com abordagem descritiva exploratória qualitativa que trará um levantamento de dados fundamentais da região, conjuntamente aplicados a metodologias em sistemas de micro drenagem. Diante disso, verifica-se que os microrreservatórios de retenção promovem a mitigação dos fatores emergentes da região, o que impõe a constatação de que, sistemas de microrreservatórios de retenção e elementos de microdrenagem promovem um devido controle de vazão, que favorece a contribuição das águas pluviais ao canal de macrodrenagem de forma eficiente.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Microdrenagem. Microrreservatórios, vazão.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da civilização e das tecnologias, começou o processo de urbanização, esse crescimento acelerado e a intensa migração da população rural para a parte urbana pode trazer inúmeros benefícios desde que seja realizada uma estruturação de forma planejada. Porém não é o que ocorreu em grande parte do mundo, este crescimento desordenado e desigual com falta de planejamento acarretou diversas consequências, como o aumento do lixo doméstico, aumento da população em zonas de riscos como morros, encostas e rios, aumento das indústrias, gerando um impacto significativo no meio ambiente. O que pode acarretar em impactos como doenças de veiculação hídrica, por conta da contaminação, poluição, e as inundações.

As cheias são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também denominadas planícies de inundação. Correspondem ao extravasamento das águas para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha (SANTOS, 2012). Esta planície é a responsável por absorver o excesso de água da chuva e é natural que todo rio tenha uma área de inundação. Segundo TUCCI (1997), o excesso de chuva acaba não sendo muitas vezes totalmente drenado, ocupando assim as várzeas e inundando as áreas mais próximas. Os fatores que irão contribuir para este ocorrido é a ocupação dos leitos, características do solo, canalização dos rios que servem para tirar a água de um ponto que ocorre enchentes e jogar mais adiante, sem averiguar os impactos que causam este efeito.

As cheias são consideradas um ciclo normal do rio enquanto que as inundações e alagamentos são causados por ações antrópicas que irão ocorrer por problemas do escoamento superficial destas águas,

causado muitas vezes pela menor extensão de áreas verdes, menor infiltração das águas e menor escoamento superficial fazendo com que ocorra acúmulo de águas nas ruas e calçadas após as chuvas.

Esses fatores causam inúmeros problemas a população como danos a sua integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

O escoamento das águas pluviais no ambiente urbano será realizado pela microdrenagem que levará essas águas até o sistema de macrodrenagens. Para o bom funcionamento deste sistema, deve-se levar em conta o tipo de pavimentos utilizados na região, bocas de lobo, guias, sarjetas, galerias de águas pluviais e canais de pequena dimensão. Um dos fatores que podem levar as causas da inundação pode ser relacionado a sarjetas e boca de lobo quebradas ou obstruídas, descarga do rio ineficaz além da educação ambiental da população para que não tenha lixo nas ruas.

Uma das regiões mais afetadas pela falta de infraestrutura das drenagens no município de Bragança Paulista, é a bacia do Lavapés que se situa no centro do município e engloba em sua totalidade a área urbana, percorrendo cerca de 8 km atravessando no sentido sul-norte. Porém apresenta grande parte canalizado e sem mata ciliar, além de desembocar grande parte do esgoto. (BUGANA, 2015) destacando a sobrecarga da infraestrutura de drenagem urbana e de serviços de saneamento.

Como a grande maioria dos cursos d'água que atravessam os municípios brasileiros, o Ribeirão do Lavapés sofre impactos com a ocupação do solo urbano em seu entorno, a área de várzea. Destaca-se aqui a sobrecarga da infraestrutura de drenagem urbana e de serviços de saneamento (GUERRA, 2020)

O centro da cidade onde está localizada a bacia é um local de grande circulação de pessoas, com atividade econômica baseado no comércio que compõe a maior parcela da economia local necessitando de um sistema de drenagem compatível com a importância do local.

Uma forma de minimizar os problemas relacionados aos alagamentos e inundações é realizar um estudo qualificado que contemplem quais são os dispositivos de captação e lançamentos das águas pluviais, os ramais, os materiais utilizados e tipos de pavimentos, as bocas de lobo se estão bem alocadas e se suportam a vazão, além da criação dos micro reservatórios que é uma estrutura para abater as vazões de pós ocupações podendo ser aplicados em pequenos espaços livres como praças, jardins e tem como vantagens ser uma implementação mais simples e rápida e são dimensionados através de metodologias simplificadas. (CRUZ, ARAÚJO e SOUZA, 2003) Para Nakazone (2005) esses reservatórios de pequeno porte tem como vantagem a possibilidade de serem implementados de forma natural, não tendo a ação humana outros dispositivos de liberação.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Caracterização Geográfica, Física, Hidrológica e Econômica da Região do Lavapés**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa descritiva exploratória qualitativa de abordagem bibliográfica e estudo de caso realizados no Ribeirão do Lavapés no município de Bragança Paulista, interior de São Paulo no período de maio a novembro de 2021

Bragança Paulista localiza-se a Sudeste do Estado de São Paulo, sendo que a sede municipal se encontra a 22°57'07" de Latitude Sul e a 46°32'31" de Longitude Oeste, a uma altitude de 817m. A área de estudo localiza-se entre as coordenadas UTM 7.475.000 – 7.450.000 S e 320.000 – 355.000 W. A área total do município é de 512.584km<sup>2</sup>, limitando-se com os municípios de Pinhalzinho, Pedra Bela, Atibaia, Piracaia, Vargem, Tuiuti, Morungaba, Itatiba e Jarinu (GAMEIRO, 2008). Conforme ilustra a imagem 1.

Por outro lado a bacia hidrográfica apresenta uma área de 82,85 km<sup>2</sup> e possui um perímetro de 42,93km com comprimento de 15,31km, declividade de 11,85% variando sua altitude entre 781 a 1.117,57 metros. O valor da densidade de drenagem, representado pela razão entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia, é de 1,47 km/km<sup>2</sup> (BUGANA, 2015). Apresentando uma baixa capacidade de drenagem.



Imagem 1: Gráfico apresentando a cidade de Bragança e a microbacia do lavapés (fonte: BUGANA,2015)

A área respectiva, engloba a bacia hidrográfica residente no interior do município, abrangendo em toda sua localização, a área urbana do mesmo. Sua extensão atravessa o sentido sul-norte, com cerca de 8 quilômetros. Tem características de pouca vegetação ciliar, com maior parte do sistema canalizado. A atividade econômica do município segundo o IBGE (2008) se dá pelo comércio, indústrias e agropecuária, além das faculdades.

Bragança teve um crescimento urbano acelerado pois supria a cidade de São Paulo na época dos grandes cafés, mandando principalmente alimentos básicos. Conforme a economia paulistana ia crescendo, Bragança continuava a expandir e por volta de 1886 e 1936 o crescimento foi enorme, pois passou de 16.214 em 1886 para 55.719 habitantes em 1920, com aumento de mais de 170% (GAMEIRO,2008)

Com o declínio do café, a cidade pode enfim se industrializar, a partir da década de 1970, Bragança Paulista expandiu-se rumo ao norte da cidade, ao longo da rodovia para Socorro, e prosseguiu durante 1980 e 1990. Essa urbanização não foi acompanhada de um planejamento e nem levaram em conta as características do solo e do território e tão pouco com o meio ambiente o que gerou muitos problemas posteriormente como muitas construções a margem do rio Jaguari, construções irregulares que oneram a coleta de lixo e abastecimento de água. (GAMEIRO, 2008) A principal drenagem da cidade é o Ribeirão Lavapés que atravessa a área urbana de sul ao norte e que encontrasse extremamente poluída recebendo todo o esgoto da cidade. Outro problema importante é que grande parte do seu leito se encontra canalizado e desprovido de mata ciliar. (GAMEIRO, 2008)

A área de estudo fica localizada na Serra da Mantiqueira tendo relevos acidentados com áreas planálticas e montanhosas, na bacia propriamente dita, predomina um relevo de colina pequena (BUGANA,2015). Já o clima da região caracteriza por uma massa de ar polar advindas do sul e os ventos alísios advindos do nordeste sendo uma zona fria e úmida com média de chuvas variando em torno de 1.500mm/ano mais concentradas no verão e inverno predominantemente mais seco. A chuva se concentra na maior parte de outubro a março. E as temperaturas nos dias quentes podem ser superior a 22° e em julho a data mais seca do inverno pode chegar a temperaturas média de 16° (GUERRA, 2020) Já em relação ao solo Na bacia tem um solo denominado latossolo vermelho amarelo que são profundos, porosos e uniformes. Nas principais drenagens desta bacia tem a características de um solo hidromórfico com relevo de baixa declividade e mal drenado. (BUENO, 2007).

A maior parte de água da cidade é proveniente do rio Jaguari e Jacaré que são as represas feitas em 1970 e hoje faz parte do sistema Cantareira contribuindo para a vazão deste sistema com cerca de 22mil litros por segundo. O ribeirão lavapés é um do seu principal afluente. (SABESP, S/D) Existem áreas consideradas permeáveis que podem ser utilizadas para readequação do sistema de drenagem e foram escolhidas por suas características topográficas e por questões sociais e econômicas. Uma dessas áreas fica localizada no bairro do lavapés na Av. Imigrantes contanto com 0,31 H.a. (GUERRA, 2020)

Caracterização das galerias e dispositivos do sistema de microdrenagem Esse sistema envolve as galerias de drenagem e os seus componentes como as bocas de lobos e poços de visitas e inspeção, que levam a água da chuva até a macrodrenagem. Embora em alguns casos seja suficiente, existem muitas áreas que essas galerias não são suficientes ou ocorre um entupimento causando muitos problemas. (B&B ENGENHARIA, 2013). Pode ser observado a existência de ligações cruzadas de um esgoto nas galerias sendo visto a olho nu nos períodos de estiagem contaminando as águas. Os canais apresentam incapacidade de escoar as vazões de pico que estão intimamente ligadas pela impermeabilização do solo e urbanização acelerada, além de problemas como o assoreamento de suas calhas e falta de manutenção. Não existe no município um reservatório de contenção de cheias para evitar um pico de vazão que causam as inundações e alagamentos nas áreas urbanas. (B&B ENGENHARIA, 2013).

## 2.2. Problemas de Drenagem Urbana em Bragança Paulista

Analisando reportagens locais representadas pelas imagens 2,3,e 4, pode-se notar que os alagamentos ocorrem com bastante frequência causando vários transtornos à população local como diversos alagamentos, danos patrimoniais pois muitas vezes carros são levados pela enxurrada, casas invadidas pela água sem tempo do morador salvar seus pertences. Danos de locomoção por árvores caídas, risco de integridade física dos moradores pois muitas casas acabam tendo a estrutura comprometida e precisam ser realocadas, gerando problemas sociais.



Imagem 2: Alagamento no cruzamento da Avenida dos imigrantes com a avenida Euzébio Savaio- Região Lavapés. *Jornal em Pauta (2020)*



Imagem 3: Alagamento na Avenida Alpheu Grimello. *Jornal mais Bragança (2020)*



*Imagem 4: Danos causados por temporais na região central de Bragança. Jornal mais Bragança (2021)*

De acordo com as reportagem pode- se notar que os pontos mais problemáticos da região central é:  
Avenida dos Imigrantes (próximo ao sambódromo);  
Avenida Eusébio Savaio, no bairro do Lavapés;  
Avenida José Gomes da Rocha Leal (altura da Lo Sardo Mat. de Construção e da Antiga Padaria Estância);

### **2.3. Sistemas de Microdrenagem**

Sistemas de microdrenagem urbana são componentes e estruturas de drenagem ou escoamento pluvial no nível de loteamento ou de rede pública primária, ou seja, são sistemas de captação inicial de águas pluviais, como também os precursores da canalização e condução destes mesmos, até o canal de macrodrenagem que é implantado em um corpo hídrico. Estes sistemas são dimensionados e desenvolvidos através das subdivisões de área e traçado, afim de definir a magnitude de contribuição de águas pluviais em função do tempo e da intensidade pluviométrica estudada, que trará vazões que afluem à rede de condutos, os quais também são dimensionados através destes dados (TUCCI, 1995).

Segundo TUCCI (1995) são sistemas de microdrenagem:

Galerias: Estruturas de canalizações públicas que conduzem as águas pluviais provenientes da captação de bocas-de-lobo, e ligações privadas, ao canal de macrodrenagem;

Poço de Visita: elementos de característica convenientes às galerias, que pode promover a mudança de direção, declividade no canal das galerias, além da limpeza e manutenção das canalizações;

Tubos de ligações: condutos responsáveis a conduzir as águas pluviais das bocas-de-lobo, às galerias e poços de visita;

Sarjetas: faixas de via pública, paralelas ao meio-fio, sendo um elemento que trabalha com calha, que é receptora de águas pluviais incidentes sobre as vias públicas e que por elas escoam;

Meios-fios: elementos de concreto, dispostos entre o passeio e a via-pública, paralelos ao eixo da via e com sua face superior no mesmo nivelamento do passeio;

Sarjetões: Calhas nos cruzamentos de vias públicas, que orientam o fluxo das águas pluviais que escoam pelas sarjetas;

Estações de Bombeamento: local com a finalidade de retirar água de um canal de drenagem, onde não há mais condição de escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado, utilizando bombas.

#### 2.4. Microrreservatórios de Detenção na Microdrenagem

São elementos estruturais de sistemas de microdrenagem, que tem por função fundamental, contribuir com uma vazão controlada à bacia em questão conforme demonstra a imagem 5, vencendo a deficiência causada pela impermeabilização do solo, ou seja atenuam os picos dos volumes das águas pluviais, funcionando como um detentor, que trás a recuperação da capacidade de retenção perdida pelas bacias hidrográficas urbanas que tiveram impermeabilização do solo, outrora também é um sistema que previne alagamentos pontuais na região implementada.

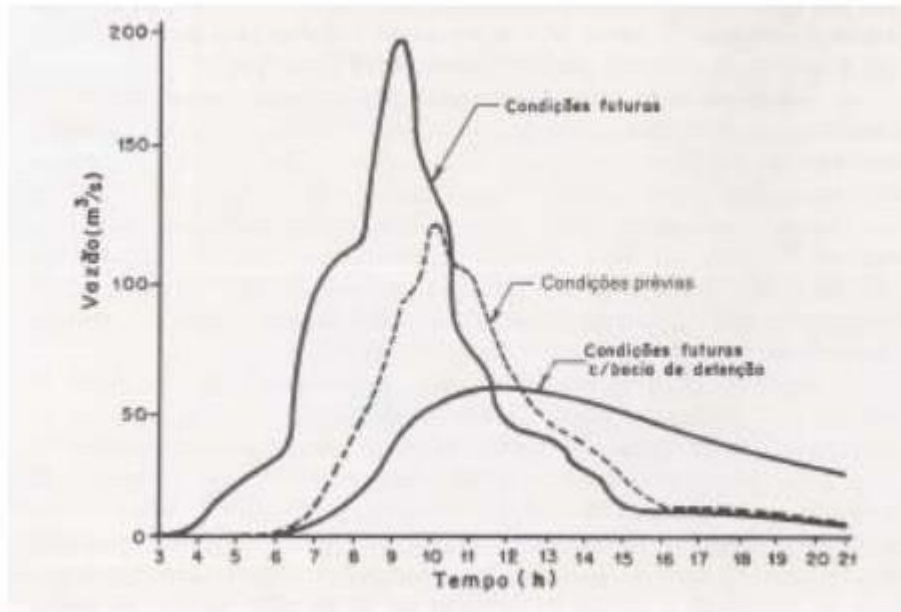


Imagem 5: Bacia com reservatório de detenção (TUCCI, 1997)

São comumente implementados em ruas e avenidas, com pontos de alagamentos crítico, condomínios e conjuntos habitacionais, edifícios comerciais, grandes pátios de estacionamento e entre outros (ABCP, S/D).

Os reservatórios de detenção, podem ser desenvolvidos em várias disposições em função da área de implementação disponível e da legislação existente, sendo abertos, fechados, subterrâneos ou não, podendo ser construídos em diferentes formatos e constituídos dos mais diversos materiais como alvenaria, concreto armado, solo, fibrocimento.

#### Dimensionamento de Microrreservatórios de Detenção

Dentre as mais diversas discussões e concepções, que sugerem metodologias que em seus afins promovem o dimensionamento de reservatórios de detenção, mais precisamente, se referindo ao volume das águas pluviais em função do tempo e da intensidade pluviométrica, em pequenas bacias urbanas, estas, que não ultrapassam 2 quilômetros de área, ou seja, pequenas áreas de contribuição. Visto isso, o uso do método racional, proporciona resultados bem satisfatórios à essas condições, dentre os outros métodos, já que por se tratar de bacias urbanas de pequeno porte os índices e coeficientes adotados, em bacias maiores, tornam-se quase que insignificantes à adoção nos cálculos.

Esse método foi desenvolvido inicialmente, afim de determinar o deflúvio máximo em uma determinada precipitação, tomando como fatores fundamentais, a ausência de escoamento base, e considerando o armazenamento superficial da precipitação estudada, em função de um tempo, dentro de um espaço. Sendo plausíveis ao uso, em pequenas áreas, com um curto tempo de concentração, adotando ainda um escoamento permanente e igual em toda bacia, quando essa mesma, contribui em um escoamento direto (FRANCO, 2004).

$$Q_p = \frac{\varphi CIAf}{3,6} \quad \varphi = \frac{1}{\sqrt[N]{100A}}$$

Imagem 6: Equação do Método Racional

A imagem 6 demonstra a equação do método racional onde:

$Q_p$  = vazão de pico em  $m^3/s$ ;

$C$  = Coeficiente adimensional que reflete a impermeabilização da bacia, se os efeitos de armazenamentos forem desprezados.

$\Phi$  = Coeficiente de retardo, adimensional, menor do que a unidade, que reflete a so efeitos de armazenamento da bacia

$F$  = Coeficiente de distribuição da chuva

$I$  = Intensidade média máxima da chuva, em  $mm/h$

$A$  = Área da bacia, em  $km^2$

$N$  = Coeficiente em função da declividade da bacia, sendo:

$N = 4$  (Para bacias de declividade inferior a  $5/1000$ )

$N = 5$  (Para declividades até  $1/100$ )

$N = 6$  (Para declividades maiores que  $1/100$ )

Dentre alguns pontos vale ressaltar, afim de que todo sistema apresente carácter funcional:

- A intensidade pluviométrica, permanece inalterada, até que a duração da chuva atinja o tempo de concentração da bacia, assim toda a bacia contribui para um regime permanente;
- Os efeitos de propagação de cheia da bacia, torna-se constante após o tempo de concentração;
- Precipitações maiores, ou com menos tempo de duração, estabelecem contribuição parcial, pois não alcançam o tempo de concentração, visto que as maiores vazões só são aparentes, quando se atinge o tempo de concentração da bacia.

Esse método, também possibilita a construção de um histograma correspondente conforme demonstra a imagem 7, em que se deve admitir que todo o volume precipitado deve ser igual ao volume escoado. Para o cálculo do volume escoado superficialmente o tempo de base ( $t_b$ ) será considerado sendo aproximadamente 3 vezes o tempo de concentração uma vez que o método racional não apresenta originalmente um hidrograma. Usualmente, baseando-se no comportamento dos picos de cheias em áreas urbanas, costuma-se adotar esse formato de hidrograma em que o pico de cheia ocorre no tempo de concentração conforme determinado pelas bases teóricas do método racional.

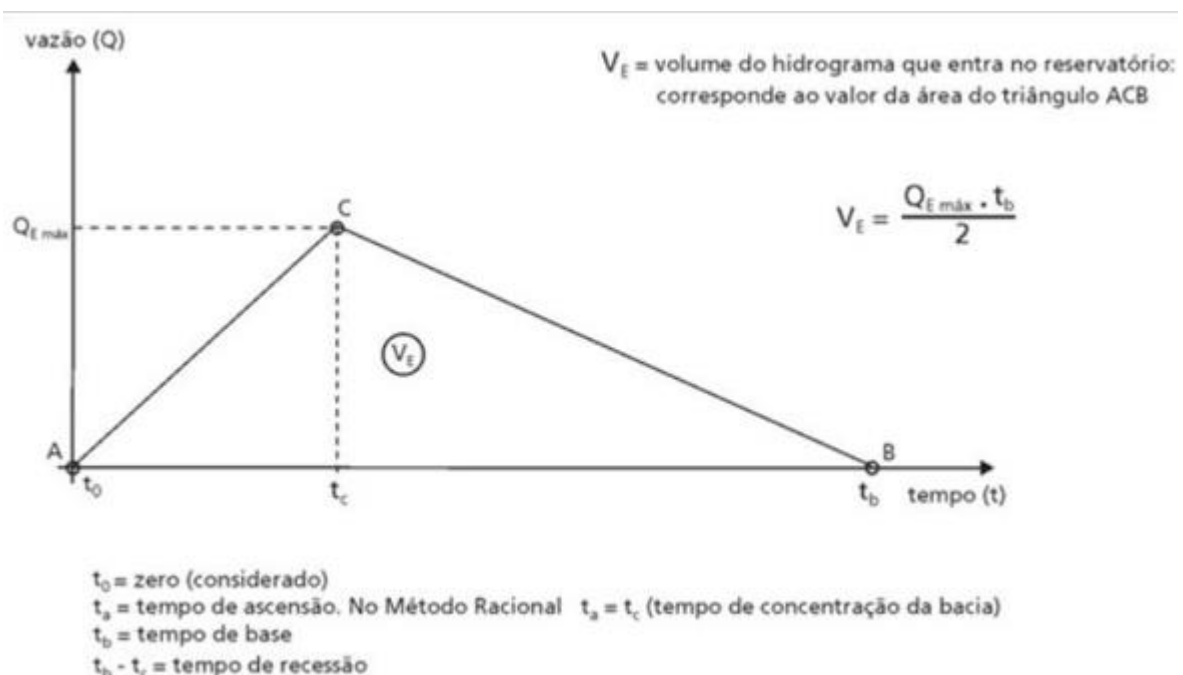


Imagem 7: Histograma e fórmula de tempo máximo de detenção.

## 2.5. Método Racional em Bacias Urbanas

Área de contribuição: Pode ser adquirida através de qualquer material topográfico fiel à área em questão, e que permita estabelecer os divisores de águas, ou seja a partir de que ponto às áreas de estudo recebem a carga pluvial, e se estas mesmas áreas compartilham sistemas de drenagem de áreas urbanas vizinhas.

Tempo de Concentração: Representa em sua premissa o tempo percorrido da água desde o ponto mais distante da bacia de contribuição até a seção de interesse. Diferentes autores definem o tempo de concentração de maneiras tecnicamente diferentes, mas que circulam em um mesmo contexto. O regime permanente e constante, é adquirido quando a chuva média máxima precipitada alcança ou ultrapassa o tempo de concentração, gerando assim, um vazão máxima em função de um tempo de duração. Pode ser obtido através de fórmulas empíricas, com por exemplo fórmula de Kirpich, e a fórmula de Dooge, e Bransby-Willians, ou pode também ser obtido através da divisão de percurso pela velocidade da água nos canais, por fórmulas hidráulicas (FRANCO,2004). É de indispensável conhecimento, de que deve ser utilizadas formulações corretas em função da área, e do índice de urbanização das bacias, bacias com grandes áreas e índices de urbanização, necessitam de análise mais precisa do que bacias de pequeno porte.

Precipitação: Relação de intensidade pluviométrica e duração, na área de estudo, podendo ser obtida através de consulta ao órgão de águas pluviais, ou estipulada através de métodos estatísticos.

## 2.6. Precipitações, Equações e Curvas IDF de Bragança Paulista

As precipitações em um projeto hidráulico, é um componente fundamental, utilizado com dados de entrada no cálculo das vazões de projeto de drenagem de águas pluviais. Na microdrenagem de pequeno porte, as chuvas são classificadas como únicas e constante, afim de poder cumprir com as condições para o uso do método racional, o que não funciona em projetos de grande porte, que consideram uma chuva como variável ao longo do tempo, e que contribui de formas diferentes ao longo da área hídrica. A obtenção da precipitação local é dada através do uso das equações e curvas IDFs (Intensidade-Duração-Frequência) da região.

As precipitações podem ser classificadas em função de diferentes fatores:

- Lâmina precipitada  $P$  (mm)
- Duração  $D$  (min)
- Intensidade média precipitada  $i_{méd} = P/D$  (mm/h)
- Lâmina máxima  $P_{máx}$  (mm) em um intervalo de tempo, que descrevem a duração
- Intensidade máxima  $i_{máx} = P_{máx}/\Delta t$  (mm/h)

Em um projeto, é construído um cenário de precipitação artificial, denominado crítico, que são fundamentados em estatísticas naturais da chuva da região, e as características físicas de resposta da bacia hidrográfica, ou bacia de contribuição. Para isso são levados em conta dois parâmetros, o período de retorno  $T$  da precipitação de projeto (anos) e a duração crítica  $D_{crítica}$  do evento (min).

O parâmetro do tempo de retorno, é a probabilidade de um evento de chuva crítica ocorrer em um determinado tempo, ou seja, à chance de ocorrer uma chuva que sobrecarregue os sistemas envolvidos. E leva em conta também o parâmetro de duração crítica que deve ser igual ao próprio tempo de concentração da bacia contribuinte, afim de gerar e garantir um regime permanente para o uso do método racional.

## Curvas IDF em Bragança Paulista.

Para saber como é o processo de chuva na região bragantina foi utilizado a equação IDF para que possa avaliar a intensidade da chuva, por quanto tempo irá durar e qual será o período de retorno destas, assim prevendo as ocorrências de chuvas intensas com riscos de causar alagamentos ou inundações. Esta equação vai ser utilizadas para que possa realizar um estudo sobre a erosão do solo, para a realização de drenagens mais suficientes, determinar vazões da bacia e como ela se comporta nas grandes precipitações.

Tem grande influência quando falamos sobre infraestrutura pois através dela pode se adotar métodos que não causem problemas nas ruas, nas estradas, nos condutos e nos canais, além da qualidade de vida da população não ser alterada por períodos de cheia.

Quando a localidade ou o município não tem uma série histórica registrada pode utilizar os estudos de municípios vizinhos. Essas equações se tornam fundamentais nestes lugares que não tem registros para que possa estimar o escoamento superficial, pelo método de chuva-vazão é possível dimensionar obras

hidráulicas como bueiros, drenos, reservatórios de detenção entre outros.

Para sintetizar as relações de intensidade-duração-frequência, e preciso conhecer as informações pluviográficas da região, essas informações são obtidas através dos pluviômetros e pluviógrafos, que são responsáveis pela captação da parcela de chuva precipitada.

Em Bragança Paulista, o Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo, em convênio com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, descreve a equação de intensidade da chuva da cidade de Bragança Paulista conforme a image 8:

$$\text{Equação: } i_{L,T} = 33,7895 (t+30)^{-0,8832} + 5,4415 (t+10)^{-0,8442} \cdot [-0,4885 - 0,9635 \ln \ln(T/T-1)]$$

Imagem 8: Equação de precipitações intensas para Bragança Paulista

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

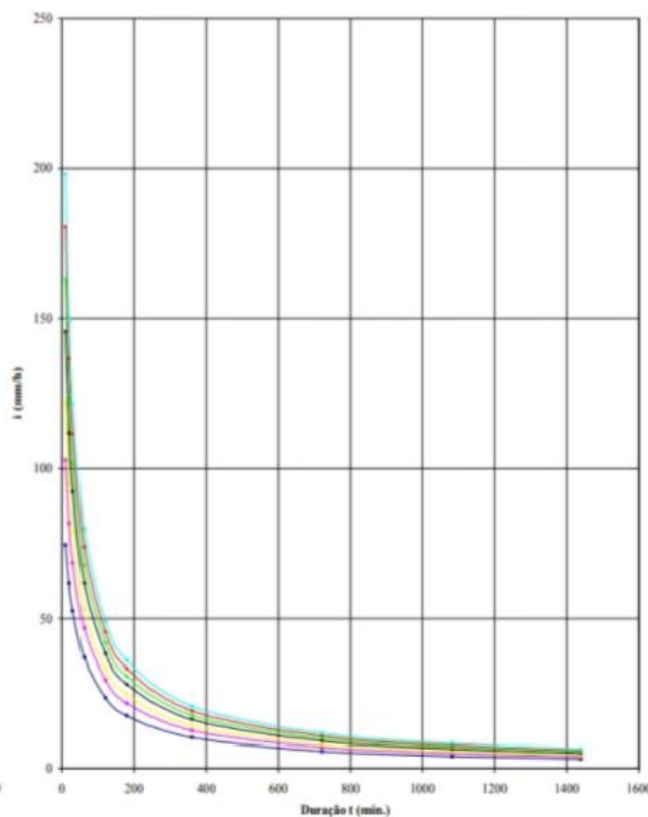
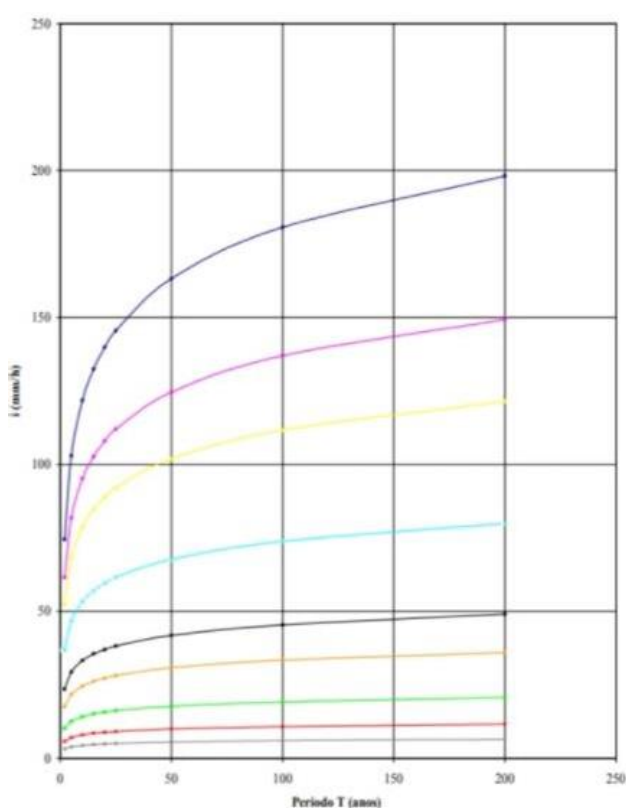
T: Período de retorno em anos;

t: duração da chuva em minutos;

Para a realizar os cálculos foi utilizado uma tabela de previsões da intensidade das chuvas conforme a tabela 1 e utilizado os graficos das equações conforme graficos 1 e 2.

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	74,5	102,9	121,7	132,3	139,8	145,5	163,2	180,7	198,1
20	61,5	81,7	95,1	102,6	107,9	112,0	124,5	137,0	149,4
30	52,6	68,4	78,9	84,8	88,9	92,1	102,0	111,7	121,4
60	36,9	46,8	53,3	57,0	59,6	61,6	67,7	73,8	79,8
120	23,5	29,4	33,3	35,5	37,0	38,2	41,8	45,4	49,0
180	17,5	21,8	24,6	26,2	27,3	28,1	30,8	33,4	36,0
360	10,1	12,6	14,2	15,1	15,7	16,2	17,7	19,2	20,7
720	5,7	7,1	8,0	8,5	8,8	9,1	9,9	10,8	11,6
1080	4,0	5,0	5,6	6,0	6,3	6,5	7,1	7,7	8,3
1440	3,1	3,9	4,4	4,7	4,9	5,0	5,5	6,0	6,5

Tabela 1: Previsão de máximas intensidades de chuva em mm/h



Gráficos 1 e 2: Curvas IDF em função da duração e período.

### Tempo de Duração da Chuva

Com já mencionado, o critério fundamental à ser adotado no método racional, em pequenas bacias, é que o tempo de duração da chuva deve ser igual ao tempo de concentração da bacia. Segundo PINTO de al. (1975) o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo necessário para que, mantida uma precipitação constante e uniforme, com intensidade superior a capacidade infiltração, toda a área da bacia passe a contribuir para a seção de controle.

Em função disto, existe um coletânea de metodologias de cálculo para o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, alguns envolvendo estudos cinemáticos, repartindo à área da bacia, e analisando a contribuição por trecho, e já outras que analisam a área da bacia em função de sua declividade e comprimento, como é caso de Fórmula de Kirpich, que é uma fórmula empírica muito usadas em bacias de pequeno porte, que foi desenvolvida em 1940, que utilizaram os dados de sete bacias rurais do Tennessee, com declividades que variavam de 3% a 10% e áreas de no máximo 0,5 km<sup>2</sup>.

Essa por sua vez é bem satisfatória no uso em pequenas bacias de contribuição, visto que apresenta resultados sucintos e válidos, desde de que as condições sejam atendidas. A fórmula é dada conforme a imagem 9:

$$t_c = 3,989L^{0,77} S^{-0,385}$$

Onde:  $t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

$L$  = comprimento do talvegue, em km;

$S$  = declividade do talvegue, em m/m.

*Imagem 9: Equação do tempo de concentração*

## 3. ESTUDO DE CASO

### 3.1. Área de Estudo

Para definição das características topográficas foi utilizado um método empírico utilizando a escala do Google Earth Pro para poder avaliar a distribuição da bacia como declividade e áreas. A área de estudo escolhida foi a bacia do Ribeirão Lavapés que segundo Bugana (2015) apresenta uma área de 82,85 km<sup>2</sup>, com um perímetro de 42,93 km. A declividade média calculada para a bacia é de 11,85%, com altitudes variando de 781 a 1.117,57 metros. O curso d'água principal apresenta um comprimento calculado de 15,31 km. Localizada no centro da cidade de Bragança Paulista sendo ocupada por núcleoshabitacionais e comerciais com alta densidade populacional, além disso é caracterizada por uma área de alta declividade. Neste trabalho, a sub-bacia foi divididas em 3 áreas de abrangência distribuídos conforme a tabela 2:

Topografia das 3 sub-bacias			
	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3
Localização	Rua benedito Cardoso	Rua Barão de Juqueri	Rua Coronel Assis Gonçalves
Área	0,00895 km <sup>2</sup>	0,01715km <sup>2</sup>	0,0151km <sup>2</sup>
Declividade	0,0807m/m	0,09442 M/M	0,0884m/m
Comprimento	0,207 km	0,233KM	0,241 km

*Tabela 2: Distribuição topográfica da sub-bacia do lavapés*

Foi proposto neste trabalho a implantação de três reservatório de detenção que será localizado nas ruas José Benedito Cardoso, Barão de Juqueri e Coronel de Assis Gonçalves, conforme a imagem x. a escolha

deste tipo de ação visa a redução das inundações principalmente nas áreas que são densamente povoadas com alto índice de impermeabilização, como é o caso da região.

Para a realização deste reservatório foi utilizado a rua com maior índice de alagamento que é a Jose Gomes da Rocha Leal e Avenida dos Imigrantes, colocando os reservatórios em lugares estratégicos para que o escoamento não chegue até esta zona, não sendo um método que vai zerar os casos de inundações mais sim minimizar os efeitos e completar as canalizações já feitas, obtendo assim um sistema de galerias de microdrenagens com captações mais dimensionadas e dispostas pela região. Conforme na imagem 10.

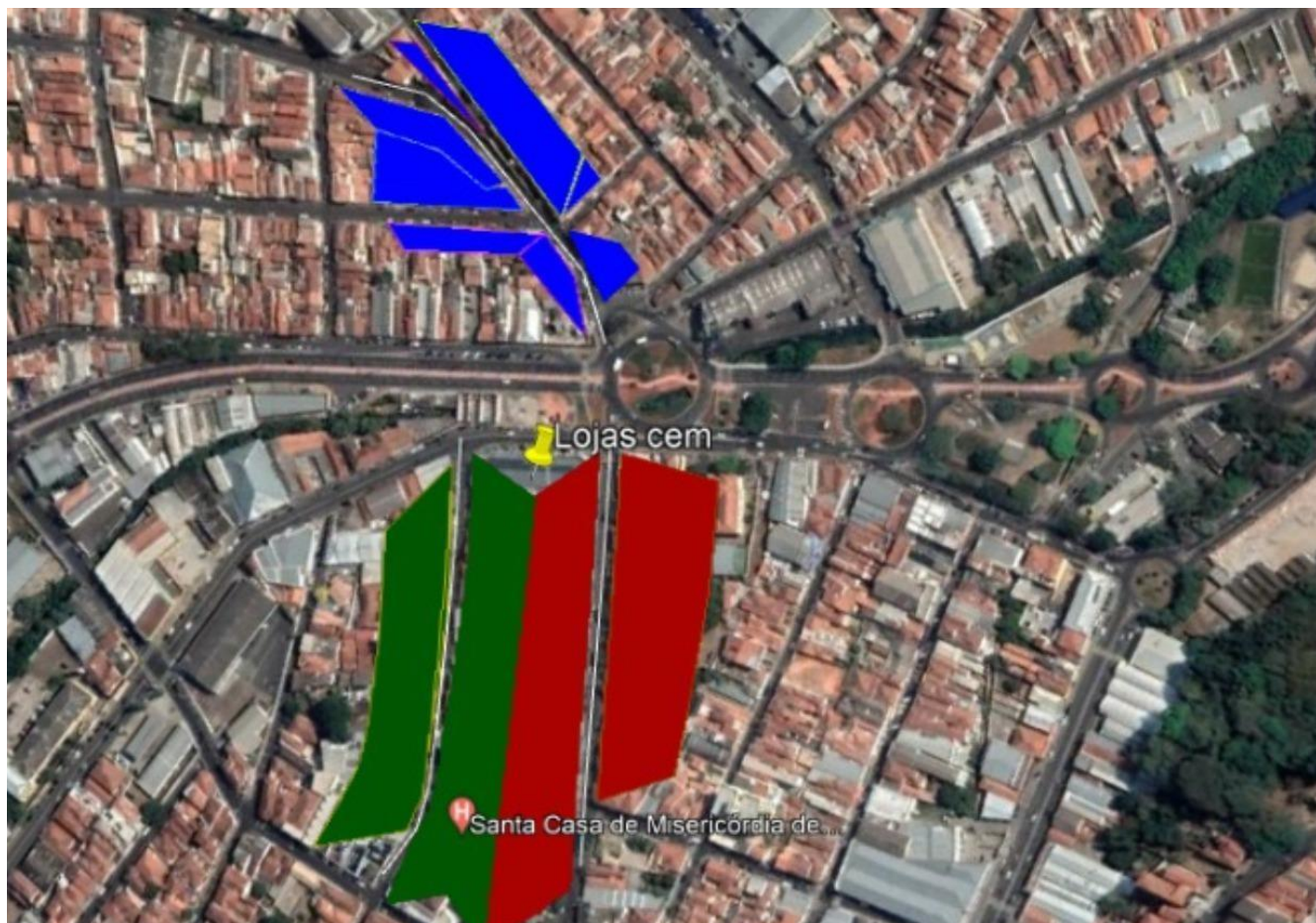


Imagem 10: Caracterização física das sub-bacias

De acordo com a imagem pode-se notar que a rua localizada entre a área verde é a Coronel Assis de Gonçalves, já a rua barão de juqueri fica localizada entre as areas vermelha. As duas ruas vão desembocar na rua Jose gomes da Rocha leal enquanto que a rua Benedito Cardoso fica entre as areas azul desembocando na Avenida dos imigrantes, que consequentemente acaba escoando a agua até a rua principal (jose gomes da rocha leal). Por estarem separadas cerca de 30 metros.

Para análise dos dados foi realizado tres tabelas com a escala dos pontos baixos e altos de cada rua para achar o desnível e a partir dele a declividade, calculando assim o tempo de concentração utilizando a formula de kirpich

Na Rua Benedito Cardoso o ponto baixo é de 812m e a parte mais alta é de 828m conforme demonstra no gráfico 3:.



Gráfico 3: Pontos baixos e altos da rua Benedito Cardoso

Na Rua Barão de Juqueri o ponto baixo é de 813m e a parte mais alta é de 835m conforme demonstra no gráfico 4.



Gráfico 4: Pontos baixos e altos da rua Barão de Juqueri

Na Rua Coronel Assis Gonçalves o ponto baixo é de 813m e a parte mais alta é de 834m conforme demonstra no gráfico 5.



Gráfico 5: Pontos baixos e altos da rua Coronel Assis Gonçalves

Posteriormente à essas delimitações das áreas, e de suas respectivas declividades e extensões, é abordado o tempo de concentração dessas bacias de contribuição, devido estas mesmas serem, bacias urbanas de pequeno porte é conveniente adotar o equacionamento de Kirpich, que dentre todas as outras metodologias de tempo de concentração, Kirpich traz um resultado bem satisfatório às condições e dimensões estudadas, sua equação é dada pela imagem 11:

$$t_c = 3,989L^{0,77} S^{-0,385}$$

Onde:  $t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

$L$  = comprimento do talvegue, em km;

$S$  = declividade do talvegue, em m/m.

Imagem 11: Equação de Kirpich

- $Tc1 = 3,13$  min
- $Tc2 = 3,22$  min
- $Tc3 = 3,40$  min

Porém, devido as condições das equações IDF, o tempo de concentração mínimo admitido é de 10 minutos.

$Tc = 10$  min

Logo, é calculada a intensidade pluviométrica de Bragança Paulista, através de suas relações IDF, que são dadas pela equação da imagem 12:

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 33,7895 (t+30)^{-0,8832} + 5,4415 (t+10)^{-0,8442} \cdot [-0,4885 - 0,9635 \ln \ln(T/T-1)]$$

para  $10 \leq t \leq 1440$

Onde: *i*: intensidade da chuva, correspondente à duração *t* e período de retorno *T*, em mm/min;

*t*: duração da chuva em minutos;

*T*: período de retorno em anos.

Imagem 12: Equação das relações IDF

- $i_t T = 2,03 \text{ mm/min}$  ou  $i_t T = 121,8 \text{ mm/h}$

Admitindo um tempo de concentração (*t<sub>c</sub>*) de 10 min, em todas as áreas de contribuição, e respeitando um tempo de retorno (TR) de 10 anos, sendo baseado nos manuais de drenagem de prefeituras de grandes cidades como São Paulo, São Bernardo do Campo, Belo Horizonte e Porto Alegre, além de ser uma recomendação de órgãos como o DAEE, visto que não há normas NBR para dimensionamento de sistemas de drenagem urbana no que tange aos aspectos hidrológicos e hidráulicos.

A profundidade utilizada para o reservatório será de 2,00 m para que possa permitir o acesso de pessoas e dos equipamentos para realização de manutenção e limpeza do local, além de ser uma profundidade que permite um encaixe com a maioria dos canais de macrodrenagem de médio e grande porte.

Após é feito a análise morfológica da bacia, bem com as suas características físicas, visto que se trata de uma área urbana densa, o coeficiente de escoamento superficial é dado como sendo de 0,95, segundo a tabela devida do escoamento superficial do Método Racional, entretanto as condições devidas abordadas, e de que toda a carga hídrica que precipita nas áreas deve ser considerada como mesmo volume de água que escoar, desprezando a infiltração que possa ocorrer, então adota-se que o coeficiente de escoamento superficial é 1.

E por fim todos os dados levantados nesse estudo abordando o Método Racional e sub-bacias de contribuição podemos chegar as dimensões dos micro reservatórios propostos neste estudo, conforme tabela 3 demonstra:

SUB-BACIAS	ÁREA	VAZÃO DE PROJETO	VAZÃO DE PROJETO	VOLUME DO HIDROGRAMA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO	LARGURA DO RESERVATÓRIO	ALTURA DO RESERVATÓRIO	COMPRIMENTO DO RESERVATÓRIO
	(m <sup>2</sup> )	(L/s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)
Rua B.C	8.950	333	0,333	299,7	400	5,50	2,00	36,4
Rua B.J	17.150	522	0,522	469,8	500	5,50	2,00	45,5
Rua A.G	15.100	470	0,470	423	500	5,50	2,00	45,5

Tabela 3: Caracterização dos microrreservatórios

Por tanto com relação aos microrreservatórios de detenção foi verificado que as áreas que serão construídas são suficientes para a implantação do mesmo, já que serão cobertos causando um amortecimento do escoamento superficial e minimizando os impactos causados pelas inundações. Além disso, este reservatório seria dotado de uma câmara para reter os sedimentos e lixos logo na entrada, contribuindo assim para o bom funcionamento do sistema de drenagem como um todo, como ilustra as figuras 13 e 14.

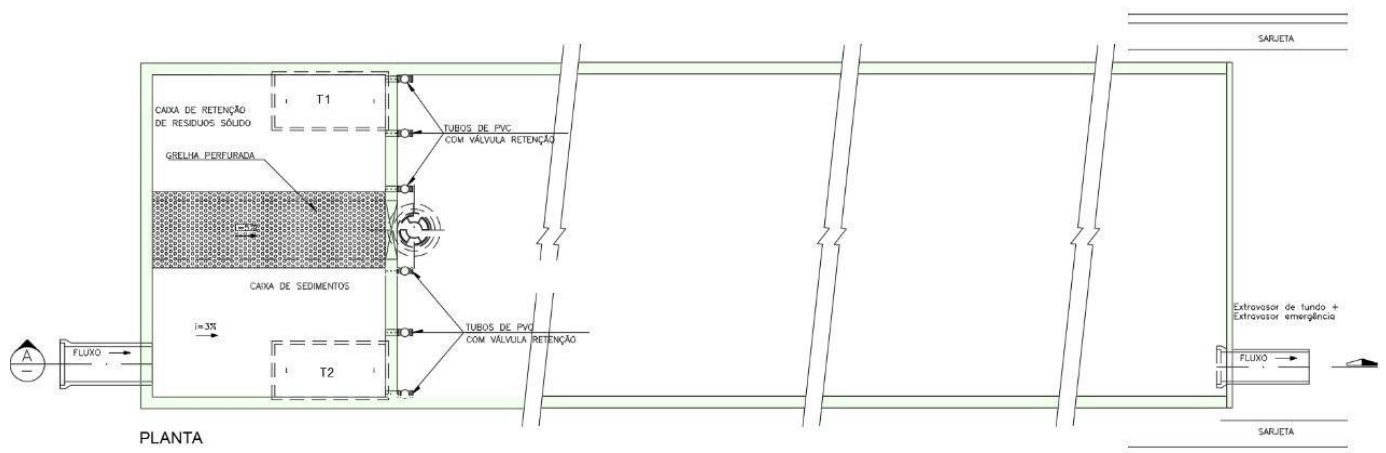


Imagem 13: Anteprojeto de microrreservatório de retenção em planta.

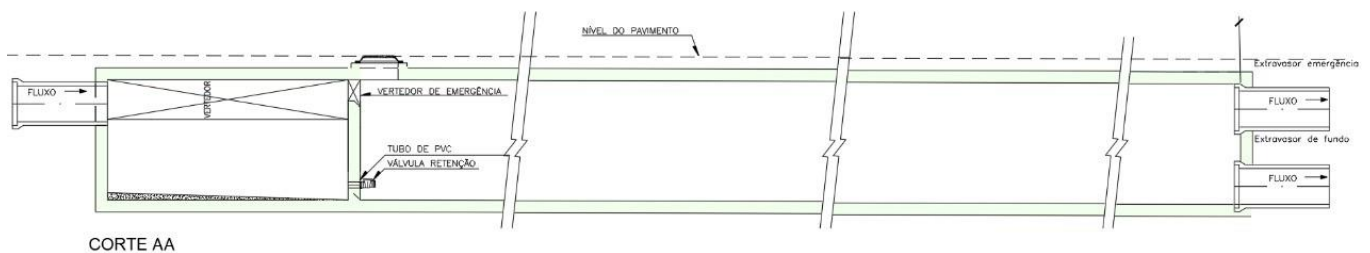


Imagem 14: Corte AA do microrreservatório de retenção.

## 4. CONCLUSÃO

Pode se notar que a região central de Bragança Paulista, mais precisamente a bacia do lavapés, é problemática do ponto de vista do sistema de drenagem tendo uma rede de microdrenagem insuficiente contribuindo para a situação complexa de inundação que essa região apresenta, porém essa situação já vem sendo melhorada com a canalização do lavapés, mais poderia funcionar de forma mais adequada se o sistema de microdrenagem acompanhasse esse avanço. Por isso, este estudo teve como objetivo a aplicação de um estudo sobre os micro reservatórios de retenção para que este, atrase a onda de cheias em cerca de trinta minutos, sendo uma proposta para melhorar a eficiência da canalização que foi feita na região.

Os resultados encontrados destacaram as principais dificuldades sendo a falta de cobertura vegetal, casas, comércios e indústrias sobre o canal, negligências com o esgoto da região e falta de conhecimento da população com o descarte correto do lixo.

Conclui-se que a aplicação da proposta não visa zerar os problemas de inundações, mais sim, contribuir para uma melhora do sistema, não dispensando um bom projeto por parte do poder público para implementação de galerias de microdrenagem, sendo um sistema convencional com galerias e captações.

Entende-se por tanto que estes resultados obtidos podem auxiliar o governo local para estes criarem políticas ou ações que possam prevenir ou recuperar as áreas que estão mais vulneráveis aos riscos de inundações. Além disso verifica-se a necessidade de que mais estudos sejam realizados com esta temática para identificação de fatores que possam causar mudanças benéficas para a população.

## 5. Referencias

B&B ENGENHARIA Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) VOLUME I. Bragança Paulista 2013. Disponível em < <https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/2017/05/braganca-paulista-vol.-1.pdf>> Acessado em 12 jun 2021

BUENO, R. C. S. SAAD, A. R.; DE OLIVEIRA, P. E. 2013. **Relação entre atributos geoambientais da paisagem e o desenvolvimento socioeconômico de Bragança Paulista, estado de São Paulo, Brasil**. In: Revista Geociências.

Guarulhos: UnG. Vol. 6, n° 1, 2007. Disponível em:

<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/140> . Acesso em 12 jun.2021

BUGANA, Giovana Oliveira. **Análise das condições ambientais da bacia hidrográfica do ribeirão lavapés, município de Bragança Paulista- SP**. Universidade Federal De Itajubá

Programa De Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Itajubá, 2015. Disponível em

> [https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/247/dissertacao\\_bugana\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/247/dissertacao_bugana_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)< Acesso em 7 maio. 2021.

CRUZ, M. A. S.; ARAÚJO, P. R.; SOUZA, V. C. B. Estruturas de controle do escoamento urbano na microdrenagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIII, Belo Horizonte, 1999. **Anais**. [S.I.]: ABRH, 1999.12p.

DAEE, Departamento de Aguas e Energia Elétrica. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretariade Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, 1999. Disponível em:>

[http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%203/DAEE\\_](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%203/DAEE_)

[Eq\\_Chuvas\\_SP.pdf](#)< Acessado em: 07.maio.2021

FRANCO, Edu José, Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais com Base no Método Racional, 2004.

GAMEIRO, Marcelo Silva; SUGUIO, Kenitiro. **Problemas geoambientais provocados pela expansão urbana no município de Bragança Paulista, SP**.Revista Geociências-

UnG, Guarulhos, v. 7, n. 1, p. 48-63, 2008. Disponível em:

><http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/377/466>.< Acesso em: 12maio. 2021.

GUERRA, Franciele Caroline. **Mapeamento das áreas de vulnerabilidades socioambientais aos riscos hidrológicos: inundações em Bragança Paulista –SP**. Instituto de geociências e

ciências exatas UNESP, Rio Claro 2020. Disponível em: >

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192918>< Acesso em: 10 maio.2021

Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas, Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE), 2005.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bragança Paulista. 2008. Disponível em: <  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/braganca-paulista/panorama>> acesso em> 11, jun, 2021

JORNAL EM PAUTA. **Região do lavapés apresenta pontos de inundação.** Disponível em:  
><https://www.facebook.com/watch/?v=4818194274918392>< acesso em: setembro 2021

JORNAL EM PAUTA. **Volume de chuvas na tarde de segunda foi de 46mm.** Disponível em:  
><https://jornalempauta.com.br/volume-de-chuvas-na-tarde-de-segunda-foi-de-46-mm/?fbclid=IwAR3FqdPkXsH0wJAJns6pZyn5oOIWfgDwntr8L-m98mhcArXuieyWvrWO47U>< acesso em: setembro 2021.

JORNAL MAIS BRAGANÇA. **Temporais trazem danos e transtornos em Bragança Paulista.** Disponível em: ><https://jornalmaisbraganca.com.br/2021/01/11/temporais-trazem-danos-e-transtornos-em-braganca-paulista/>< Acesso em: setembro 2021

JÚNIOR, Francisco Martinez; MAGNI, Nelson Luiz Goi, Precipitações Intensas no Estado de São Paulo, Secretária de Saneamento e Recursos Hídricos e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), 2014.

NAKAZONE, L.M. **Implantação de reservatório de detenção em conjunto habitacional: a experiência da CDHU**, São Paulo, 2005. Dissertação, Escolapolitecnica da universidade de São Paulo. Disponível em: >  
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-13042006-210759/publico/ImplantacaoReservatoriosDetencao.pdf>< Acessado em: 05.jun.2021

Manual de Drenagem Urbana, Região Metropolitana de Curitiba, ver. 1.0, 2002

Projeto Técnico: Microreservatórios, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Operação emergencial Sistema Cantareira. São Paulo. Disponível em >  
[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/contingencia\\_GTAG.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/contingencia_GTAG.pdf)< Acessado em 21. Jun. 2021

Santos, Kesia Rodrigues. **Inundações urbanas: um passeio pela literatura.** Élisée, Rev. Geo. UEG - Goiânia, v.1, n.1, p.177-190, Jan./jun. 2012. Disponível em:>  
<https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/585>< Acessado em: 07 maio. 2021

TUCCI, Carlo M; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. Drenagem Urbana, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1ª edição, 1995.

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção.**