

N. CLASS. M627.54  
CUTTER B268c  
ANO/EDIÇÃO 2014

**UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**LUANA TAVARES BARRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA MICRODRENAGEM EM UM TRECHO URBANO  
NO MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS**

**Varginha – MG**  
**2014**

**Grupo Educacional UNIS**

**LUANA TAVARES BARRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA MICRODRENAGEM EM UM TRECHO URBANO  
NO MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS**

TCC apresentado ao UNIS – Centro  
Universitário do Sul de Minas, como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Graduação em Engenharia  
Civil, sob orientação do Prof.  
Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha – MG**

**2014**

**LUANA TAVARES BARRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA MICRODRENAGEM EM UM TRECHO URBANO  
NO MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS**

TCC apresentado ao UNIS – Centro  
Universitário do Sul de Minas, como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Graduação em Engenharia  
Civil, sob orientação do Prof.  
Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

Aprovado em: 16/07/2014

---

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

---

Prof. Leopoldo Freire Bueno

---

Prof. Roberto Luiz Queiroz

---

Coordenadora Prof.<sup>a</sup> Ivana Prado de Vasconcelos

Dedico esse trabalho à Dagmar, a eterna e incondicional incentivadora dos meus sonhos, a quem eu tenho infinita devoção e está ao meu lado em todos os momentos, minha Mãe.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, por ter ajudado a manter a minha fé nos momentos mais difíceis, me iluminado e dando sabedoria para continuar a caminhada.

Aos meus pais, em especial meu pai que hoje se encontra com Deus e mesmo longe nunca me deixou sozinha. Sendo que ele quando junto de minha mãe foram verdadeiros companheiros, amigos, guerreiros, que hoje sorriem orgulhosos ou choram emocionados porque foram vitoriosos quando se doaram por inteiro e renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu. Minha eterna gratidão vai além dos meus sentimentos.

Ao meu namorado Rafael, por passar noites em claro estudando comigo, por me ajudar nos momentos de dificuldade, por me incentivar a continuar quando eu não tinha mais força. Você foi à pessoa que compartilhou comigo os momentos de tristezas e alegrias. Além desse trabalho, dedico todo meu amor por você!

Minhas irmãs e irmão, minhas amigas, que ouviram os meus desabafos, presenciaram e respeitaram minhas tristezas e alegrias, que partilharam comigo estes longos cinco anos. Eles tornaram meu mundo melhor, me acompanharam, sentiram, participaram, dividiram as suas companhias, seus sorrisos, suas palavras, e essas foram expressões de amor profundo. As alegrias de hoje também são suas, pois seus estímulos, carinhos e amor foram armas para essa minha vitória.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

“Mas em todas estas coisas somos mais que vencedores, por meio daquele que nos amou.”  
Romanos 08h37min.

## Resumo

Quando as obras de infraestrutura das cidades não acompanham seu crescimento populacional e estrutural, surgem diversos problemas. No presente trabalho será abordado um destes problemas, a drenagem urbana pluvial.

Para que fossem obtidos dados e resultados precisos e de qualidade, delimitou-se um trecho da Avenida Osvaldo Cruz na cidade de Três Pontas - MG e a partir de então foram analisados o comportamento dos dispositivos relacionados á drenagem urbana, mais especificamente os elementos de microdrenagem que são representados pelas bocas de lobo, sarjetas, meio-fio existentes no trecho referido.

Através das literaturas, informações legais, consulta aos órgãos públicos, se desenvolveu o trabalho juntamente com as visitas a campo, baseada em registros fotográficos, foi possível analisar a situação do sistema de microdrenagem no referido local.

Com intuito de analisar e minimizar os problemas relacionados á drenagem urbana como, por exemplo, as inundações e enchentes, este trabalho apresenta resultados que comprovam o mau dimensionamento dos elementos de microdrenagem existentes atualmente e propõe alternativas que podem ser consideradas eficazes para o funcionamento correto desses elementos.

**Palavras-chave:** drenagem urbana pluvial, microdrenagem, enchentes.

## **Abstract**

When the infrastructure works of the cities do not follow their population and structural growth, several problems arise. In the present work will be discussed one of these problems, urban storm drainage.

For data that were obtained and accurate results and quality, was delimited a stretch of Avenida Osvaldo Cruz in the city of Três Pontas - MG and from then on the behavior of related devices by urban drainage were analyzed, specifically the elements of microdrainage which are represented by inlets, gutters, curb existing in that stretch.

Through literature, legal information, consultation with public bodies, has developed work with the field visits, based on photographic records, it was possible to analyze the situation of the minor drainage system in that location.

In order to analyze and minimize the problem related to urban drainage, for example, floods and flooding, this paper presents results that show the bad scaling of the elements of currently existing minor drainage and proposes alternatives that can be considered effective for the correct functioning of these elements.

**Keywords:** urban storm drainage, minor drainage, flooding.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 Geral .....	13
2.2 Específico .....	13
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	14
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
4.1 O crescimento populacional das áreas urbanas .....	16
4.2 As inundações urbanas .....	16
4.2.1 Principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas .....	20
4.2.2 Os efeitos da urbanização .....	20
4.3 Medidas de controles de cheias .....	20
4.3.1 Medidas não estruturais .....	20
4.3.2 Medidas estruturais .....	220
4.4 Sistemas de microdrenagem .....	22
4.4.1 Elementos da microdrenagem .....	23
4.5 Aspectos Técnicos .....	24
4.5.1 Método Racional .....	24
4.6 Medidas de controle .....	27
4.7 SOLUÇÕES ADOTADAS PARA DRENAGEM URBANA. ESTUDO DE CASO .....	29
4.7.1 A bacia do córrego Vaca-Brava, Goiânia-GO .....	28
4.7.2 Enchentes no Rio de Janeito .....	30
4.7.3 Eficácias do sistema de drenagem urbana. Estudo de caso – Ujuí-RS. ....	31
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	34
5.1 Classificação da pesquisa .....	34
5.2 Procedimentos de coleta e interpretação dos dados .....	34
<b>6. RESULTADOS</b> .....	36
6.1 Caracterização do Município de Três Pontas – MG .....	36

6.2 Principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas no município de Três Pontas – MG .....	36
6.3 Caracterizações do local de estudo.....	38
6.4 Caracterização do problema de microdrenagem urbana no local de estudo.....	41
<b>7. INDICAÇÃO DE SOLUÇÃO .....</b>	<b>46</b>
7.1 Excesso de áreas impermeabilizadas .....	46
7.2 Falta de planejamento.....	46
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>48</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil vários municípios enfrentam constantemente problemas relacionados á drenagem urbana de águas pluviais, o que reflete diretamente em forma de impacto ao meio ambiente e conseqüentemente, á sociedade que está ligada a esse meio. Porém o sistema de drenagem urbana deve ser entendido como um conjunto de elementos que visam coletar, conter, transportar e dar um destino final das águas de chuva que escoam nos terrenos, dessa forma os riscos e prejuízos da cidade causados pelas inundações é minimizado.

A geração de determinados problemas urbanos e que em muitos casos são de difíceis soluções é desencadeados principalmente da falta de planejamento urbano, relacionados á drenagem urbana, juntamente com as alterações sofridas pelo solo em decorrência do seu uso inadequado.

Com o crescente aumento da população urbana o solo também sofre alterações, através da implantação e acúmulo das atividades humanas, com presença de novas edificações, aumentando assim a impermeabilização do mesmo, conseqüentemente altera-se também o ciclo hidrológico natural, dessa maneira há uma diminuição de água infiltrada no solo.

Sendo assim com a redução da área permeável, a bacia hidrográfica passa a ter um aumento de escoamento superficial das águas de chuva, que são transportadas através de canalizações, galerias, boca de lobo e sarjetas até serem lançadas em copos hídricos.

Entretanto os meios de drenagem urbana quando implantados, deverão ser planejados e gerenciados, pois esses processos feitos de forma inadequada podem gerar transtornos ao município, tais como: enxurradas, inundações, enchentes, doenças transmitidas pela água e conseqüente á alteração da qualidade das águas dos rios, erosões no solo, escorregamento de encostas e até interdição do transito de veículos e pessoas.

Perante aos problemas existentes no município hoje, é necessário que a administração pública da cidade adote medidas que minimizem e controle os impactos, de maneira que busquem um novo conceito de projeto de drenagem urbana.

Para o presente trabalho, devido à falha na drenagem urbana, foi adotado como estudo de caso um trecho da principal avenida da cidade de Três Pontas - MG conhecida como Avenida Oswaldo Cruz, localizada no centro da cidade. O trecho referido é o ponto de acesso a avenida Ipiranga, as ruas Ítalo Tomagnini, Barão do Rio Claro e Frei Caneca. A escolha desse local se deu devido aos problemas que este apresenta, também por estar localizado no centro da cidade onde tráfego de veículos e pedestres são intensos e ser um ponto de referência para o comércio do município.

Através de pesquisas bibliográficas, levantamento de dados na área do trecho determinado e consultas à órgãos públicos municipais, objetivou-se proporcionar uma avaliação dessa área da cidade de Três Pontas no quesito de drenagem urbana, conscientizando e alertando a população e prefeitura de uma forma geral quanto à necessidade da tomada providências diante da situação atual.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O objetivo desse trabalho é caracterizar o sistema de drenagem existente e avaliar a área determinada para estudo localizada na Avenida Osvaldo Cruz de Três Pontas- MG, identificar os principais problemas existentes devido à falha de drenagem no trecho referido e indicar possíveis adequações do sistema.

### **2.2 Específico**

- Realizar pesquisa de índices pluviométricos e população;
- Caracterizar e diagnosticar o trecho da Avenida Osvaldo Cruz em Três Pontas;
- Caracterizar os eventos de cheias;
- Propor indicativos de soluções para o problema de drenagem apresentado

### 3. JUSTIFICATIVA

Os sistemas de drenagem urbana são sistemas preventivos de inundações principalmente em áreas mais baixas das comunidades sujeitas alagamentos. Porém a enchente é um fenômeno natural dos rios e todo rio tem sua área de inundação. Entretanto quando o assunto é inundação, torna-se um problema para a população quando ela deixa de respeitar os limites naturais do rio, ocupando suas áreas marginais.

Dessa maneira o sistema de drenagem urbana deve ser entendido como o conjunto de infraestrutura existente na cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. É constituído por uma série de medidas que visam minimizar a população dos riscos que a tornam expostas, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações.

A história da cidade de Três Pontas – MG, não é marcada por históricos de enchentes. Porém em decorrência do crescimento populacional e a combinação de vários outros fatores com influência do homem como, a exploração irracional da natureza, o assoreamento e a poluição dos cursos d'água, a impermeabilização do solo, entre outros, esse histórico vem mudando.

Vale ressaltar que a importância de um sistema de drenagem adequado torna-se claro para a população na medida em que ocorrem os efeitos negativos da chuva, tais como alagamento, inundações, deslizamentos, entre outros e os dispositivos implantados são capazes de controlar esses efeitos negativos.

Portanto um sistema adequado de drenagem urbana proporciona uma série de benefícios, tais como:

- Redução de danos a propriedades e riscos de perda humana;
- Valorização das propriedades existentes nas áreas beneficiadas pelo sistema de drenagem urbana adequado;
- Escoamento rápido nas águas superficiais, facilitando o tráfego na ocasião de chuvas;
- Condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres em áreas urbanas, na ocasião de chuvas intenso/frequentes;
- Redução da incidência de doenças de veiculação hídrica;

- Redução de gastos com manutenção de vias pública;

Dessa maneira o sistema de drenagem é dividido em duas formas: a microdrenagem e a macrodrenagem, no entanto o presente trabalho apresenta os dispositivos que designam a microdrenagem e poderão ser aplicados no local estudado, como redes coletoras de águas pluviais, poços de visitas, sarjetas e bocas de lobo.

Assim este trabalho busca esclarecer para a sociedade os impactos gerados na natureza, relacionados à drenagem urbana e propondo alternativas para atenuar este problema crônico que o trecho da Avenida Osvaldo Cruz de Três Pontas – MG vem enfrentando.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 O crescimento populacional das áreas urbanas**

As atividades desenvolvidas nas cidades interferem diretamente no meio ambiente, modificando as relações entre os componentes dos ecossistemas. Essas mudanças podem ocorrer de forma harmoniosa para o meio ambiente, ou seja, quando elas minimizam os impactos negativos que surgem com o processo de urbanização, ou totalmente desastrosas, quando o meio ambiente é degradado por completo, gerando problemas de várias ordens. Infelizmente a situação da maioria das cidades encontra-se na categoria de ocupação desastrosa, isto é, as cidades se estabeleceram e cresceram de forma caótica e sem planejamento, desmatando os ecossistemas e seus processos básicos necessários para a vida de todos os seres vivos. (Barros 2005).

Barros (2005) considera também que os problemas sociais, econômicos e ambientais das cidades atualmente já são considerados extremamente críticos, pode-se prever que a situação futura devera ser ainda mais delicada com o crescimento esperado da população das cidades.

A partir de então surge a preocupação de se modificar a gestão das áreas urbanas, assumindo políticas sustentáveis para os cenários previstos.

De acordo com dados estatísticos do Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) a população urbana cresce aproximadamente quatro vezes mais que as áreas rurais. Estimativas mostram que até o ano de 2042 a população urbana alcançará o número de 228,4 milhões de pessoas. Porém o problema é mais grave quando se considera o fato de que as maiores taxas de crescimento ocorrerão nos países pobres e em desenvolvimento como o Brasil.

### **4.2 As inundações urbanas**

As inundações urbanas são provocadas principalmente pelo excesso de escoamento superficial, chamado de chuva excedente ou de chuvas efetivas, causadas pela diminuição dos processos de infiltração e de retenção de água. Resumindo, quando o volume de escoamento superficial gerado ultrapassa a

capacidade de escoamento dos cursos d'água que drenam as cidades, ocorrem às chamadas inundações. (BARROS, 2005)

Barros (2005) ressalta que o problema das inundações é mais grave em países pobres, onde as condições de deterioração urbana são mais intensas. Porém mesmo em cidades de países desenvolvidos enfrentam inundações de grande porte, decorrentes de chuvas extremas, superiores às precipitações de projeto das obras de drenagem. Existe uma diferença entre as inundações observadas em países como o Brasil, e em países desenvolvidos é que nestes as inundações são raras, ocorrem dentro de um risco esperado, geralmente ocorre uma cheia desastrosa a cada dez ou vinte anos. Já nos países pobres as inundações urbanas são frequentes, ocorrendo várias vezes num mesmo período chuvoso.

Para Tucci (1995) um dos problemas urbanos ligados a questão das inundações urbanas no Brasil, envolve a falta de habitação para parcela significativa da população a qual vive em um estado de pobreza extrema. Esse problema tem causado um aumento significativo de favelas nas cidades, principalmente nas zonas periféricas. Entretanto as favelas estabelecem-se em áreas sujeitas a riscos, principalmente em áreas de córregos e rios que não deveriam ser ocupadas, pois elas devem ser protegidas para dar vazão as cheias. Também têm sido ocupadas irregularmente, áreas de encostas de morros muito íngremes, sujeitas a deslizamento durante chuvas muito intensas.

Dessa maneira durante as inundações essa população é a primeira a ser atingida, e assim milhares de famílias ficam desabrigadas, constatando inúmeros casos de doenças transmitidas pela água, principalmente a leptospirose, que ocasionam muitos óbitos. Tucci (1995).

A falta de planejamentos das cidades brasileiras reflete em inúmeros problemas para a população que nelas residem, em decorrência dos impactos causados pela urbanização sobre o meio ambiente. Como referencia, podemos citar os problemas relativos a enchentes urbanas, onde desabriga inúmeras pessoas, gera prejuízos econômicos, desenvolve doenças transmitidas pelo contato com a água contaminada, como a leptospirose e malária, entre outros. (PORTO 2001).

Segundo Barros (2005) as atividades desenvolvidas nas cidades interferem diretamente no meio ambiente, modificando por completo as

relações entre os componentes dos ecossistemas. Infelizmente a maioria das cidades do mundo encontra-se em uma situação de ocupação desastrosa, ou seja, o processo de urbanização se deu de forma caótica, sem planejamento, interferindo cruelmente no meio ambiente, em consequência deteriorando os seus processos básicos necessários para a vida dos seres vivos.

Ainda segundo Barros (2005) considerando os problemas econômicos, sociais e ambientais urbanos nos dias de hoje, já são extremamente críticos, então se pode prever uma situação futura ainda mais delicada, considerando o crescimento populacional previsto. A partir de então surge a preocupação de se modificar significativamente a gestão das áreas urbanas, adotando novos meios de controle para o cenário alarmante previsto.

#### **4.2.1 Principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas.**

Barros (2005) cita os principais fatores responsáveis pela produção das inundações nas cidades. Vale ressaltar que esta relação é extensa e engloba problemas encontrados em áreas urbanas de todos os tipos e regiões.

Portanto os fatores de produção de inundações urbanas são os seguintes:

- Falta de investimento para controlar as cheias urbanas, tanto no planejamento, quanto na execução e manutenção de obras civis;
- Falta de conscientização da população para o problema da drenagem, uma vez que a sociedade pode colaborar de diversas formas, por exemplo, no controle dos resíduos sólidos lançados em diversas regiões das cidades;
- O aumento gradativo do volume de escoamento superficial para o mesmo índice de precipitações, tornando o sistema de drenagem obsoleto e incapaz de escoar as chuvas para as quais ele foi projetado. Esse aumento do escoamento superficial decorre do processo de urbanização, feito sem planejamento da ocupação do solo, aumentando assim o índice de impermeabilização do solo da bacia;
- O crescimento do volume de sedimentos afluentes aos canais drenadores, decorrente da ocupação irregular do solo, feito sem controle da erosão, que causa o assoreamento dos leitos dos canais e

consequentemente diminui a capacidade de transporte de água pelo sistema de drenagem;

- A falta de legislação própria para tratar de problemas de drenagem;
- Quando há existência de legislação, a falta de controle e fiscalização em relação a ocupações e obras irregulares;
- Problemas com obras mal executadas, galerias obstruídas, pontes com posicionamento inadequado em relação á seção do rio;
- Inexistência de norma técnica para projetos de drenagem urbana numa mesma bacia hidrográfica. É comum a existência de projetos tecnicamente incompatíveis numa mesma bacia, decorrentes do emprego de metodologias e critérios diversos;

Barros (2005) após ter citado alguns fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas conclui que os sistemas de drenagem urbana devem passar por uma renovação, ampliação e manutenção ao longo de sua vida útil. Vale ressaltar que a constante mudança de ocupação do solo e a impermeabilização modificam drasticamente as vazões no tempo, de uma maneira que em pouco tempo, as obras de drenagem podem se tornar antiquados. Dessa maneira esse quadro só pode ser alterado com a implantação de um controle de urbanização, realizado através de um plano diretor que considere de forma apropriada a drenagem urbana.

Ainda segundo Barros (2005) quando o assunto é drenagem urbana é comum ouvir: “o sistema de drenagem da cidade esta sempre correndo atrás do prejuízo, as inundações continuam a ocorrer”, ou seja, o sistema não atende de maneira satisfatória á cidade. Isso acontece, pois parte do projeto e execução das obras de drenagem, devem considerar o horizonte de planejamento do sistema, é conhecido como o período de vida útil do projeto.

Portanto existem sistemas de drenagem que em poucos anos deixam de dar vazão às cheias, se tornando completamente ineficazes, muito antes do tempo que foi previsto. Sendo assim pode-se dizer que a principal causa disso é a ocupação desordenada da bacia e sua impermeabilização crescente.

#### 4.2.2 Os efeitos da urbanização

No Brasil as enchentes são um problema crítico, devido à principalmente ao planejamento inadequado da drenagem, e a concepção errônea dos projetos de engenharia. Essa concepção errônea se reflete na idéia preconcebida de que a boa drenagem é aquela em que a água escoar rapidamente. Porém em consequência, esses erros têm produzidos custos extremamente altos para a sociedade como um todo. Então “a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos no local nem a jusante” (TUCCI, 1995).

De acordo com Tucci (1995), com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas, etc. Assim a água que infiltrava no solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. Então o volume que escoava lentamente sobre o solo e ficava retido, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções.

Portanto os principais efeitos da urbanização são: o aumento de volume superficial de água, aumento da vazão máxima e a antecipação de pico.

Barros (2005) diz que a inundação urbana é provocada principalmente pelo excesso de escoamento superficial, chamado de ‘chuva excedente ou chuva efetiva’ causada pelo aumento da impermeabilidade do solo e também pela diminuição do processo de infiltração e retenção da água.

Portanto inundação é, quando o volume de escoamento superficial gerado ultrapassa a capacidade de escoamento dos cursos d’água que drenam a cidade.

Vale ressaltar que existe diferença entre enchentes (cheias) e inundações. Apesar de serem fenômenos similares, no ponto de vista hidrológico são distintos. As enchentes ocorrem toda vez que há precipitações e em consequência o aumento do nível da água, porém não há o transbordamento da bacia hidrográfica. Assim as vazões dos rios aumentam devido ao escoamento superficial. Se esse aumento de vazão provocar extravasamento, ocorre a inundação, ou seja, o rio sai do seu leito menor e passa a ocupar o leito maior. (BARROS, 2005).

Para Andrade (2004) as enchentes podem ser combatidas de duas formas: uma que busque a redução das perdas e outra que atua na diminuição da ocorrência.

### **4.3 Medidas de controles de cheias**

#### **4.3.1 Medidas não estruturais**

Ainda segundo Andrade (2004) as medidas não estruturais representam propostas relacionadas á minimização dos efeitos das chuvas constantes e intensas nas áreas urbanas, essas medidas visam melhorar a convivência da população com as enchentes, incluindo a prevenção e previsão da mesma. Pode-se citar como exemplo de medidas não estruturais: planejamento do uso do solo, sistemas de previsão e alerta, zoneamento de áreas de risco, seguro contra enchentes.

Porém no Brasil, infelizmente as leis de ocupação e uso do solo, ficam restritas á suas criações, e em função da falta de fiscalização essas medidas não são efetivamente implantadas.

Barros (2005) cita também alguns exemplos das principais medidas não estruturais de controle de cheias urbanas:

- Outorga para controle de cheias
- Leis de uso e ocupação do solo
- Fixação de critérios para projetos de drenagem
- Fixação de critérios para obras de infra-estrutura
- Medidas de controle de cheias no próprio lote ou medidas individuais e de convivência
- Restabelecimento parcial da capacidade de retenção de água do lote
- Sistemas de alerta
- Programas de educação ambiental
- Campanhas publicitárias voltadas á participação publica no controle de cheias.

### 4.3.2 Medidas estruturais

De acordo com Barros (2005) as medidas estruturais são relacionadas a obras hidráulicas necessárias para proporcionar a boa drenagem do escoamento superficial, são projetadas para o controle de enchentes. Variam através das características do problema a ser solucionado, como por exemplo, a área a ser drenada, o índice de permeabilidade do solo e o tipo de ocupação, as características hidráulicas, físicas e hidrológicas da bacia, entre outros.

Ainda segundo Barros (2005) as principais medidas estruturais para drenagem urbana são:

- Sistema de coleta da água de chuva no lote e lançamento na rede;
- Sistema de microdrenagem e macrodrenagem;
- Reservatórios para controle de cheias;
- Reservatórios urbanos de retenção ou bacias de retenção;
- Drenagem forçada em áreas baixas;
- Manutenção do sistema de drenagem;

"Para Tucci (1995), as medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não estruturais. A solução ideal deve ser definida para cada caso em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais de seu impacto. Certamente, para cada situação, medidas estruturais e não estruturais podem ser combinadas para uma melhor solução. De qualquer forma, o processo de controle inicia pela regulamentação do uso do solo urbano através de um plano diretor que contemple as enchentes (Tucci, 1995)."

Segundo Tucci (1995) as medidas estruturais são obras da engenharia hidráulicas implementadas para mitigar os impactos causados pelas enchentes, podendo ser extensivas ou intensivas. As extensivas são as medidas que agem na bacia, modificando as relações entre precipitação e vazão, fazendo com que através de medidas físicas diretas na bacia possa reduzir o coeficiente de escoamento e diminuir os efeitos da erosão e, como consequência, a diminuição dos riscos de enchentes.

Na maioria das vezes essas medidas extensivas são inviáveis para bacias médias e grandes, pois geralmente é aplicável em bacias pequenas.

Podem ser citados como medidas extensivas vários tipos de exemplo, como: dispositivos (obras) que aumentem a capacidade de infiltração e de percolação (bacias de percolação, dispositivos hidráulicos permeáveis, controle da cobertura vegetal, entre outros), armazenamento e controle da erosão do solo. Tucci (1995).

Macedo (2004) diz que as medidas estruturais intensivas são aquelas que agem diretamente nos cursos d'água, através das estruturas como muros de contenção, diques, reservatórios de acumulação e retardação e obras modificadoras do curso natural da água, e o objetivo principal é alterar a configuração natural de escoamento do curso da água, diminuindo assim os riscos de enchentes em determinadas áreas. De acordo com as características de urbanização brasileira, com lotes pequenos e urbanizados intensamente, tendem a dificultar ainda mais tais controles.

Visando a redução do custo econômico e social dos impactos, as comunidades devem manter o controle das enchentes urbanas.

Sendo assim a comunidade como um todo deve participar de forma continua dessa atividade, e não ser visto como uma ação isolada seja no tempo ou no espaço. Tucci e Genz (1995).

#### **4.4 Sistemas de microdrenagem**

Segundo Bidone & Tucci (1995), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a níveis de loteamento ou rede primaria. Esse tipo de rede é utilizado em locais onde o escoamento da água é caracterizado pelo traçado da rua, ou seja, depende do tipo de ocupação do solo. É composto por bocas de lobo e bueiros para a captação de águas superficiais que correm pelas vias. São coletados através de rede de galerias, transportando as águas superficiais até o ponto de lançamento nos canais (Barros 2005).

De acordo com Tucci 2001, o sistema de microdrenagem é normalmente dimensionado para um período de retorno entre dez e quinze anos, porém sujeitos a inundações locais para chuvas com tempo de recorrência superior a esse valor, porém um dos maiores problemas desse sistema é a manutenção. Entretanto no Brasil os sistemas de drenagem sofrem com o grande volume de

lixo e de sedimentos que compõem as galerias. Sendo assim a falta de limpeza passa a ser um grande causador de inundações localizadas.

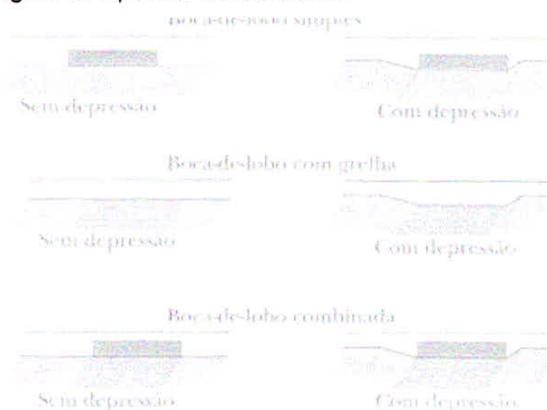
Barros (2005) diz que outro problema relativo à microdrenagem muito comum no Brasil é a falta de cadastro da rede, tornando difícil a criação de projetos de manutenção. Para garantir a boa operação do sistema é fundamental o cadastramento e a inspeção regular para verificar o estado da rede.

#### 4.4.1 Elementos da microdrenagem

De acordo com Tucci (2001) os principais elementos da microdrenagem são:

- Meio-fio: são constituídos de blocos de concreto ou de pedra, situados entre o passeio e a via pública, com sua face superior nivelada ao passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.
- Bocas de lobo: conhecidos como dispositivos de captação das águas das sarjetas. Na literatura, as bocas de lobo são caracterizadas em seis tipos:

Figura 1. Tipos de boca de lobo



Fonte: Manual SUDECAP

- Sarjetas: são as faixas formadas pelo limite da via pública com os meios-fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais provindas da rua.
- Galerias: canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais vindas das ligações privadas e das bocas de lobo.
- Poços de visita: dispositivos colocados em pontos convenientes do sistema, que permitam a manutenção.
- Sarjetões: formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.

## 4.5 Aspectos Técnicos

### 4.5.1 Método Racional

Segundo Tomaz (2013) o Método Racional estabelece uma relação entre o escoamento superficial e a chuva. A fórmula recebeu esse título de racional, pois os métodos antigos eram todos empíricos e não racionais. Seu objetivo é calcular a vazão de pico de uma determinada bacia.

De acordo com Tomaz (2013) a fórmula é a seguinte:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q= vazão de pico (m<sup>3</sup> /s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área de drenagem (Km<sup>2</sup>);

De acordo com Porto (1993) o método racional pode ser aplicado apenas em pequenas bacias, com uma área de drenagem inferior a 02 (dois) hectares ou quando o tempo de concentração for inferior a 1 hora.

Já o coeficiente de escoamento superficial (C) é conhecido também como coeficiente de runoff ou coeficiente de deflúvio. É auxiliada através da tabela 1:

Tabela 1. Uso do solo.

Uso do solo ou Grau de urbanização	Valores de C	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos, etc.	0,20	0,35

Fonte: Manual Sudcap – Drenagem Urbana

A intensidade média da chuva é encontrada através da seguinte fórmula:

(Equação 2)

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(t_c + b)^c}$$

Onde:

i = intensidade máxima média de precipitação em mm.

Tr = período de retorno (anos)

K, a, b, c = são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas do pluviômetro.

t<sub>c</sub> = tempo de concentração (minutos). É determinado através da tabela 4.

Tomaz (2013) diz que o período de retorno (Tr) é o tempo em que um evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Esse período de retorno em elementos de microdrenagem corresponde entre dez (10) a quinze (15) anos.

Portanto a escolha do método de cálculo é auxiliada através das tabelas 2, 3 e 4, onde são apontados alguns atributos das bacias de pequeno e médio porte.

Tabela 2. Classificação de bacias.

<b>Característica</b>	<b>Bacia pequena</b>	<b>Bacia média</b>
Variação temporal da intensidade de chuva.	Constante	Variável
Variação espacial da intensidade de chuva.	Uniforme	Uniforme
Escoamento superficial.	Predominante em superfícies	Em superfícies e canais
Armazenamento na rede de canais.	Desprezível	Desprezível

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias. DNIT

Tabela 3. Períodos de retorno em função da ocupação da área.

<b>Tipo de obra</b>	<b>Tipo de ocupação</b>	<b>Período de retorno (anos)</b>
Micro-drenagem	Residencial	2
Micro-drenagem	Comercial	5
Micro-drenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Micro-drenagem	Aeroportos	2-5
Micro-drenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego.	5-10
Macro-drenagem	Áreas Comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias. DNIT

Tabela 4. Tipologia da área a montante

<b>Tipologia da área a montante</b>	<b>Declividade da sarjeta</b>	
	<b>&lt; 3%</b>	<b>&gt; 3%</b>
Áreas de construções densas	10 min.	7 min.
Áreas residenciais	12 min	10 min
Parques, jardins, campos.	15 min	12 min

Fonte: SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS

#### 4.6 Medidas de controle

Tucci (1995) descreve em sua literatura, dispositivos alternativos para o controle de cheias urbanas, como por exemplo, o uso de pavimentos porosos, a construção de pequenos tanques residenciais, poços subterrâneos e o armazenamento de água em telhados. Essas medidas produzem a redução distribuída do efeito da urbanização.

Ainda, de acordo com Tucci & Genz (1995), as medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, em:

- Distribuída ou na fonte: é o tipo de controle que atua sobre lote, praças e passeios;
- Na microdrenagem: é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- Na macrodrenagem: é o controle sobre os principais riachos urbanos
- As medidas de controle podem ser organizadas, de acordo com sua ação sobre o hidrograma em cada uma das partes da bacia mencionada acima, em (Tucci & Genz, 1995):
- Infiltração e percolação: normalmente, cria-se espaço para que a água tenha maior infiltração e percolação no solo, podendo utilizar pavimentos permeáveis favorecendo o fluxo subterrâneo visando diminuir o escoamento superficial;
- Armazenamento: Através de reservatórios, que podem ser de tamanho adequado para uso numa residência (1-3 m<sup>3</sup>) até terem porte para a macrodrenagem urbana (alguns milhares de m<sup>3</sup>). O efeito do reservatório urbano é o de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo;
- Aumento de eficiência do escoamento: Através de condutos e canais, drenando áreas inundadas. Esse tipo de solução tende a transferir enchentes de uma área para outra, mas pode ser benéfico quando utilizado em conjunto com reservatórios de detenção;
- Diques e estações de bombeamento: Solução tradicional de controle localizado de enchentes em áreas urbanas que não possuam espaço para amortecimento da inundaçãõ;

Dessa maneira, o armazenamento temporário em reservatórios residenciais e o aumento de áreas de infiltração e percolação são as principais medidas de controle distribuído ou na fonte. Porém na microdrenagem são

utilizados, reservatórios de detenção com a função de controle de vazão máxima, volume de água e controle dos materiais sólidos, para medida de controle. Tucci & Genz (1995).

De acordo com Tucci (1995), existem outros impactos que podem ser decorrentes da falta de planejamento nos sistemas de drenagem urbana, que são aqueles relacionados ao aumento da produção de sedimentos e à degradação da qualidade da água devido à disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos nas cidades.

Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às novas construções, construção de ruas, limpezas de terreno para novos loteamentos, rodovias e avenidas, etc. Essa produção de sedimentos tem consequências ambientais importantes para as áreas urbanas. Tucci (1995).

Algumas delas são as seguintes: assoreamento da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbano; e transporte de substância poluente agregada ao sedimento.

Desta forma, os aquíferos urbanos podem ser contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração indiscriminada de águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagens de ruas. (Tucci, 1995).

## **4.7 SOLUÇÕES ADOTADAS PARA DRENAGEM URBANA. ESTUDO DE CASO.**

### **4.7.1A bacia do córrego Vaca-Brava, Goiânia-GO.**

O município de Goiânia é marcado pelo intenso aumento populacional, principalmente a partir da década de 1970, refletindo em uma concentração dos espaços urbanos, em consequência a verticalização das regiões central e sul da cidade, segundo IBGE, 1999.

Entretanto diante da alteração de uso e ocupação do solo, com a redução de áreas permeáveis, surgiu nos últimos anos eventos críticos relacionados à chuva em Goiânia causando transtornos a população.

Correntino (2007) cita como exemplo alguns eventos ocorridos na cidade:

- 25 de Novembro de 1993 – uma chuva de 41 mm causou transtornos à população;
- 07 de Março de 1997 – uma chuva de 80 mm em 45 minutos provocou fortes inundações e estragos;
- 22 de Fevereiro de 2004 – a chuva que caiu na madrugada provocou transbordamento do Rio Meia Ponte em alguns bairros;
- 04 de Janeiro de 2007 – uma chuva intensa provocou forte inundação do Córrego da Vaca;
- 27 de Setembro de 2006 – uma chuva de 109 mm na madrugada do dia 27 inundou uma avenida;

Segundo Nascimento e Sales (2003), o crescimento desordenado e acelerado do município de Goiânia gerou alguns problemas onde desencadeou diversos processos erosivos, decorrentes também do tratamento que inclui a prática de entulhos das erosões e em consequência o assoreamento do sistema de drenagem.

Sendo assim a cidade sofre principalmente com os problemas na bacia do Córrego Vaca Brava, tais como, inundações, disposição inadequada de resíduos sólidos, lançamento clandestino de esgoto e principalmente a presença de grandes processos erosivos com escorregamento de encostas no leito do manancial. A referida bacia conta com uma área de aproximadamente 4,78 Km<sup>2</sup>.

O Córrego Vaca Brava conta com vários elementos de microdrenagem no qual forma um sistema primário de drenagem de água pluvial conduzindo-as até o sistema de macrodrenagem.

Diante dos problemas expostos, nota-se que a bacia possui vários problemas relacionados à drenagem urbana e estes podem ser relacionados ao efeito da urbanização, ocupação de áreas de preservação e uso intenso do solo e poucas áreas permeáveis, o que provoca um grande volume de escoamento superficial no solo.

Para minimizar esses problemas foi recomendado tomarem medidas estruturais, tais como canalizações, reservatórios de retenção, caixas ou trincheiras de infiltração, canais de desvio com áreas de infiltração e pavimentos permeáveis. E dessa maneira as medidas não estruturais atuam na criação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Enfim uma atuação maior

por parte do poder público juntamente com a população discutindo e efetivando a implantação dessas medidas estruturais e não estruturais.

#### **4.7.2 Enchentes no Rio de Janeiro**

De acordo com a Secretária do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio de Janeiro (Projeto PlanáguaSemads/GTZ), o estado do Rio de Janeiro sofre com problemas de enchentes, fenômeno natural condicionado a fatores climáticos, principalmente as chuvas intensas no verão. Os efeitos dessas precipitações são agravados devido às características do relevo: rios e córregos com forte declividade drenando bruscamente das serras para as baixadas, quase ao nível do mar.

Observa-se nas enchentes urbanas o crescimento do prejuízo, resultado da ocupação de áreas mais passíveis de inundações e principalmente pela falta de conscientização da população relativa aos riscos envolvidos.

Dessa maneira o crescimento da zona urbana e ocupação das zonas suburbanas no século XX, os históricos de enchentes se tornaram mais frequentes, devido à grande impermeabilização do solo. Os registros apontam as seguintes enchentes como as mais desastrosas:

- 17 de Março de 1906 choveu 165 mm em 24 horas houve desmoronamento do Canal do Mangue e desmoronamentos nos morros com mortes.
- 23 de Março de 1911 quando 150 mm de chuva precipitaram-se em 24 horas.

De acordo com esses fatos percebe-se que os problemas com enchentes no estado do Rio de Janeiro são de longas datas. Sendo assim os dados mais recentes apontam:

- 18 de Abril de 1990, uma precipitação de 165 mm em 24 horas, causou enchente no Parque do Flamengo e em 7 de Maio, outra chuva de 103 mm, provocou mortes na Gloria e no Maracanã.
- 9 de Junho de 1994, uma chuva intensa interrompeu o acesso à zona sul da cidade.
- 14 de Fevereiro de 1996, chuva de 200 mm em 8 horas, castigaram as zonas Oeste e Sul, provocando o caos urbano.

Dessa maneira essas chuvas intensas podem gerar um conjunto de acidentes que vão desde um alagamento temporário de pequenas proporções

até as mortes por acidentes ou doenças infecciosas que seguem às inundações.

Sendo assim foram propostas alternativas que amenizarão os problemas com enchentes como, o aumento de áreas que permitam a infiltração da água de chuva com o uso de pavimentação permeável e dessa forma contribui para a diminuição do escoamento superficial, possibilitando a recarga dos lençóis freáticos.

Outra medida é o reaproveitamento das águas de chuva que pode ser empregada como medida não estrutural, sendo utilizado em indústrias, condomínios, escolas, hospitais, etc.

A recuperação do curso d'água além de ser um novo conceito na engenharia é também uma proposta e para que isso seja possível as principais atividades para alcançar esses objetivos são a aplicação onde for possível de técnicas de engenharia ambiental (quebra correntes de gabiões, pedras ou troncos de árvore; plantio em áreas sujeita a erosão, etc.) no lugar de obras hidráulicas de engenharia e a remoção de obstáculos.

#### **4.7.3 Eficácias do sistema de drenagem urbana. Estudo de Caso – Ijuí – RS.**

A cidade de Ijuí – RS apresenta uma hidrografia bastante ampla no seu perímetro urbano, sendo assim existe a necessidade de estudos e projetos de medidas eficazes na área de drenagem urbana, diante das recorrências de alagamentos que atingem a cidade.

O município tem sua área urbana cortada pelos arroios Espinho, Moinho, Curtume e Matadouro e pelo rio Potiribu, onde na grande maioria dos seus entornos já são ocupados pela população, porém essa ocupação torna o local uma área de risco, pois diante das áreas impermeabilizadas acabam recebendo diretamente a precipitação de uma grande porcentagem territorial.

De acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) a bacia hidrográfica do rio Ijuí situa-se a norte-noroeste do Rio Grande do Sul, com uma área de 10.649,13 Km<sup>2</sup> e com 337.249 habitantes distribuídos em vinte municípios.

Através de pesquisas in loco verificou-se a falta de padronização das bocas de lobo que fazem com que muitas vezes estas estruturas não sejam

capazes de executar o que lhe foi proposto, dessa maneira elas deixam de contribuir para o sistema de drenagem e se torna um problema nas proximidades. Além desse problema verificou-se que a população também contribui de maneira negativa ao despejar o esgoto cloacal diretamente no arroio.

Dessa maneira torna-se claro que aliar a parte técnica com o desenvolvimento de legislação pertinente trará benefícios ao município e poderá ser a principal fonte para o funcionamento eficaz do sistema. Contudo a população também deverá ser instruída e conscientizada de melhorias nas atitudes que hoje prejudicam o sistema, sendo assim haverá uma parceria entre o poder público e os cidadãos.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Classificação da pesquisa

Diante da realidade e dos problemas enfrentados pela cidade de Três Pontas relacionada a enchentes urbanas, foi definido para a realização desse estudo a temática da microdrenagem urbana. Determinou-se então como área de estudo um trecho da Avenida Osvaldo Cruz situado na área urbana de Três Pontas, representada pela figura 1, ressaltando que o mesmo vem sofrendo com problemas relacionados à drenagem urbana. Dessa maneira foram feitos a caracterização e quantificação dos elementos de microdrenagem existentes no local de estudo, disposição e dimensionamento do mesmo e as condições em que eles se encontram.

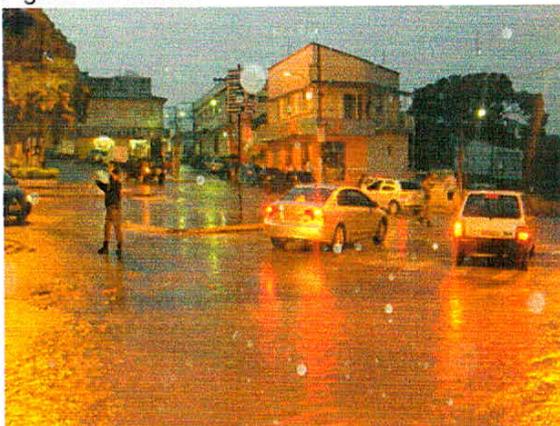
Figura 2. Localização do trecho de estudo na área urbana de Três Pontas – MG.



Fonte: Google Earth (15/05/2014).

A ausência, a deficiência e a falta de manutenção desse sistema no município, permitem a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações no local de estudo, como mostra as figuras 3 e 4. Juntamente com a impermeabilização do solo devido á urbanização a tendência é aumentar a magnitude desses acontecimentos.

Figura 3. Ponto A



Fonte: Equipe Positiva

Figura 4. Ponto B



Fonte: Equipe Positiva

Frente aos problemas expostos o presente trabalho buscará em livros, dissertações, artigos relacionados ao tema, juntamente com levantamento de campo para registros fotográficos e análise de dados, além de consultas á órgãos públicos municipais e federais, soluções que visam minimizar e até mesmo acabar com os problemas e transtornos causados pelas chuvas.

## 5.2 Procedimentos de coleta e interpretação dos dados

A coleta de dados ocorreu inicialmente através da busca por registros históricos, onde foi feito uma análise de como aconteceu o processo de urbanização e formação da cidade, assim como os registros pluviométricos do município, pesquisados primeiramente nos registros do Hidroweb, conhecido por ser referência e um órgão governamental utilizado nos municípios do país, porém para a cidade de Três Pontas, não foram encontrados nenhum registro pluviométrico, então os dados informados neste trabalho foram obtidos através dos registros da empresa Cocatrel (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.), situada na cidade de Três Pontas.

Para a realização do presente trabalho, primeiramente houve um contato com a Prefeitura Municipal no departamento de obras e infraestrutura para tomar conhecimento de mapas, leis e registros que visam diminuir as consequências enfrentadas pela população e melhorar também a qualidade do sistema de drenagem existente.

Através de pesquisas bibliográficas, livros, artigos juntamente com o levantamento de dados e estudo de legislação existente no país, serão propostas soluções adequadas á situação da cidade.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 Caracterização do Município de Três Pontas – MG.**

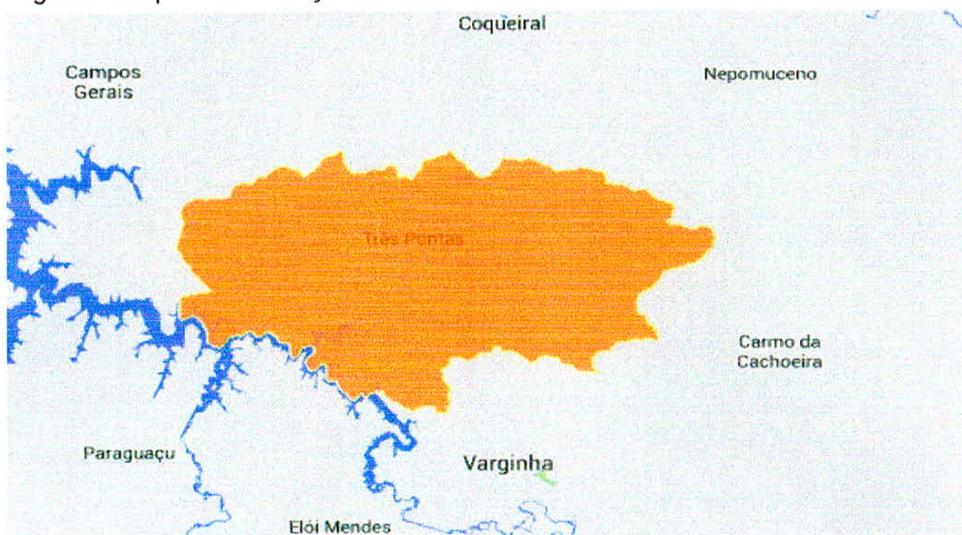
Nos registros apresentados pela Prefeitura Municipal de Três Pontas, encontrados no site: [www.trespontas.mg.gov.br](http://www.trespontas.mg.gov.br), mostra que o município recebeu o título de cidade no dia 3 de julho de 1857 e têm esse nome devido a uma serra de mesmo nome localizada no atual município e era utilizada como ponto de referência pelos tropeiros e escravos fugidos que passavam pela região. Está localizada na região sul de Minas Gerais e seu acesso se dá através da rodovia MG – 167.

Os registros encontrados também no site da Prefeitura Municipal de Três Pontas [www.trespontas.mg.gov.br](http://www.trespontas.mg.gov.br), relatam que só no ano de 1880 foram construídas as primeiras canalizações de água da cidade e os bueiros e sarjetas se constituíram apenas em 1937.

Está localizada na latitude – 21°37'12" e longitude -45°51'17", 21°22'13" S e 45° 30' 44"W, estando a uma altitude de 914 metros acima do nível do mar. De acordo com o IBGE (Instituto de Geografia Estatística, acessado em 15/05/2014) as temperaturas médias do município variam entre uma mínima de 14,5° C e máxima de 26,6° C.

O último censo fornecido pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) aponta que em 2010 a cidade possuía 53.860 habitantes e a projeção estimada para 2013 é de 56.156 habitantes.

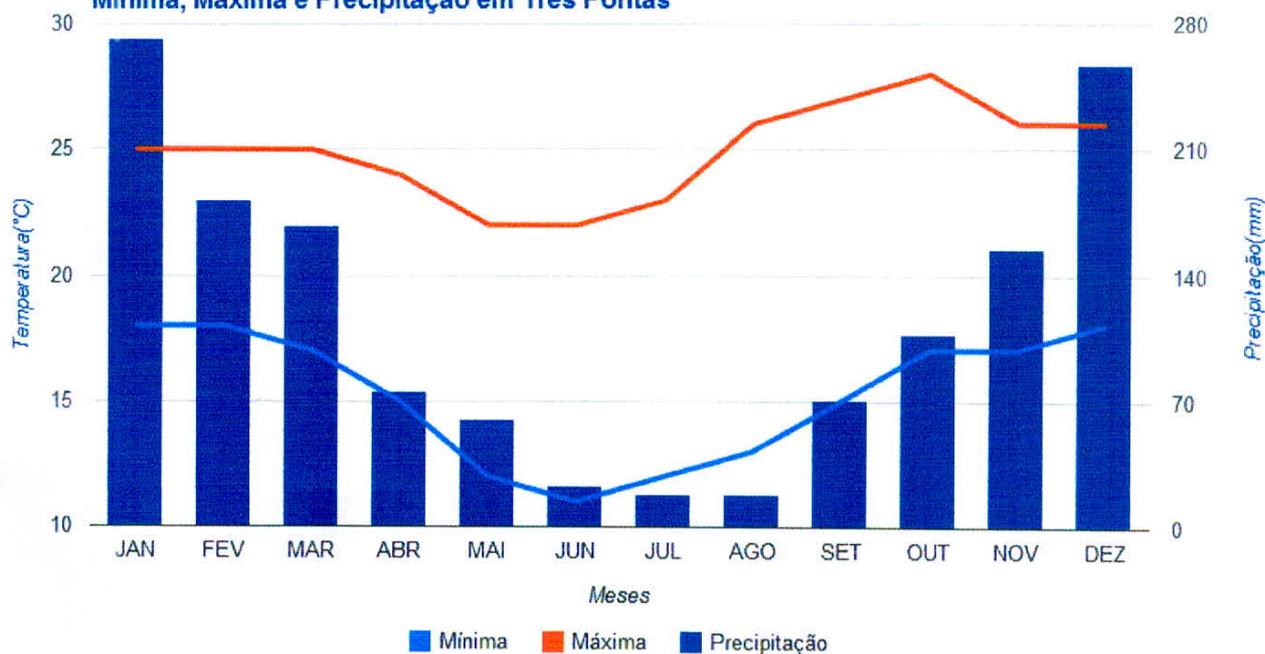
Figura 5. Mapa de localização da cidade de Três Pontas.



Fonte: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Os dados pluviométricos fornecidos pela Cocatrel (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.) não apresentam a média mensal de precipitações no município. Dessa forma os registros obtidos no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) contêm a média de precipitações pluviométricas mensais de 30 anos conforme mostra a figura 5.

Figura 6. Média histórica de precipitações em Três Pontas – MG.  
**Mínima, Máxima e Precipitação em Três Pontas**



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Os últimos dados de inundações registrados pela Cocatrel (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.) marcam:

- 18 de Janeiro de 2012 – choveu 65 mm, o que gerou transtorno a população, principalmente no trânsito.
- 28 de Novembro de 2012 – choveu 40 mm em cerca de 50 minutos e causou transtorno em vários pontos da cidade.
- 29 de Setembro de 2013 – na noite do dia 29 uma chuva rápida, porém intensa causou destruição em vários pontos da cidade.

## **6.2 Principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas no município de Três Pontas - MG.**

- O aumento gradativo do volume de escoamento superficial para o mesmo índice de precipitações, tornando o sistema de drenagem obsoleto e incapaz de escoar as chuvas para as quais ele foi projetado. Esse aumento do escoamento superficial decorre do processo de urbanização, feito sem planejamento da ocupação do solo, aumentando assim o índice de impermeabilização do solo da bacia;
- Problemas com obras mal executadas, elementos de drenagem urbana mal dimensionados e até a inexistência dos mesmos;
- Inexistência de norma técnica para projetos de drenagem urbana na bacia hidrográfica.
- Erro ao projetar os elementos de microdrenagem no local em estudo, relacionado à projeção populacional menor do que a existente atualmente.

## **6.3 Caracterizações do local de estudo**

Frente ao estudo previamente realizado no município de Três Pontas, foi definido um local de estudo para que os resultados possam ser precisos e de qualidade. Para a realização do trabalho foi selecionado um trecho da Avenida Osvaldo Cruz, que dá acesso à Avenida Ipiranga, ruas Ítalo Tomagni, Barão do Rio Claro e Frei Caneca. O referido local se situa no ponto de interseção de



Figura 10. Tráfego de veículos intenso no trecho em estudo.



Fonte: Autor.

O trecho recebe uma grande quantidade de águas pluviais oriunda de zonas mais altas das proximidades, e acabam criando um escoamento superficial de grande volume devido às grandes áreas impermeabilizadas.

Após a delimitação do trecho em estudo foi estimada a população da Avenida Ipiranga, pois é o trecho de maior influencia em relação ao escoamento superficial de águas pluviais, e foi determinada através de uma contagem manual na visita á campo, totalizando 24 edificações, sendo elas: 3 residências, 5 residências com comércio e 16 comércios.

Sendo assim a imagem abaixo representa a ocupação do solo no local.

Figura 11. Gráfico de distribuição por tipo de edificação no local de estudo.



Fonte: Autor

#### 6.4 Caracterização do problema de microdrenagem urbana no local de estudo.

Para caracterização dos problemas diagnosticados no local em estudo foram aplicados os conceitos descritos na bibliografia estudada. Onde se podem afirmar os motivos pelo qual o sistema de microdrenagem urbana existente no local não atende satisfatoriamente a população.

Um dos problemas encontrado no local é a instalação de bocas de lobo em esquina e sobreposta na faixa de pedestre, conforme mostra a figura abaixo, pois é um trecho de vazão máxima e dessa maneira o fluxo de água atrapalha a passagem de pedestres.

Figura 12. Boca de lobo localizada em local inadequado.



Fonte: Autor

As bocas de lobo devem trazer bem estar e segurança dos veículos e pedestres que transitam ou estão de passagem no local. Quando instaladas em locais estratégicos promovem a rápida drenagem da água da chuva para dentro da galeria de águas pluviais.

O trecho caracterizado contém sete (07) bocas de lobo e não possui sarjetas e de acordo com as características, o local de estudo é constituído por bocas de lobo com grelha sem depressão. As figuras 13 e 14 mostram a disposição e o estado de conservação da mesma no referido local.

Figura 13: Boca de lobo com vegetação no seu interior



Fonte: Autor

Figura 14: Boca de lobo na faixa de pedestre



Fonte: Autor

Dentre as 7 (sete) bocas de lobo existentes no local, apenas uma apresenta lixo no seu interior, na qual está representada na figura 13 .

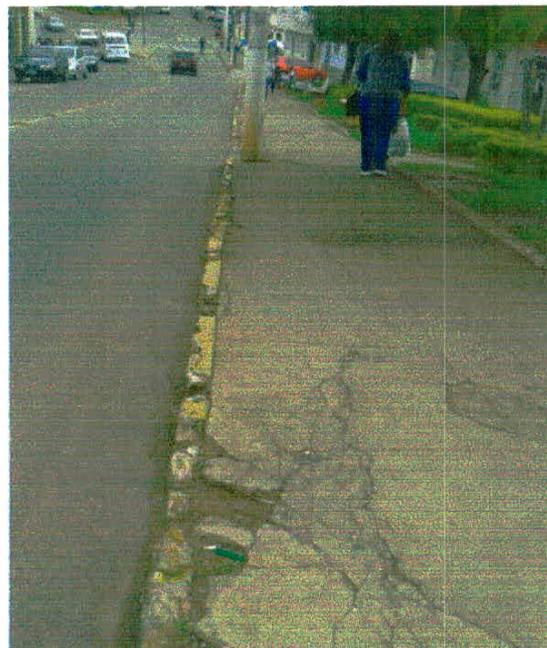
Além das bocas de lobo, outro dispositivo de microdrenagem existente no local é o meio-fio. Entende-se como meio-fio o dispositivo instalado paralelamente ao eixo da rua, com sua face superior do mesmo nível do passeio. No entanto o que se vê no local de estudo não é exatamente isso. A falta de manutenção dos meios-fios chama a atenção. As figuras 15 e 16 mostram a situação atual.

Figura 15: Falta de meio-fio e desgaste da calçada



Fonte: Autor

Figura 16: Meio-fio desgastado



Fonte: Autor

Entretanto em relação a sarjetas, sua inexistência no local pode contribuir significativamente na ocorrência das inundações e alagamentos no trecho em estudo. A água de chuva deve escoar dentro das sarjetas para evitar situações de insegurança.

Os registros apresentados relatam que os sistemas de drenagem urbana da cidade só foi construído a partir do ano de 1937 e de acordo com relatos do engenheiro civil responsável pelo setor de obras da cidade, é um sistema antigo e foi dimensionado para uma determinada população. Porém o crescimento populacional foi maior do que o esperado, além disso, o solo também passou a se tornar impermeável e os dispositivos existentes atualmente não atendem a vazão de escoamento superficial das chuvas. Essa consequência é refletida através dos alagamentos ocorridos no local estudado.

Através do Método Racional, determinou-se a vazão que passa no trecho em estudo. A fórmula para o referido método é dada por:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

Onde:

Q= vazão de pico (m<sup>3</sup> /s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área de drenagem (ha);

A fórmula que representa a intensidade da chuva é a seguinte:

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(t_c + b)^c}$$

Onde:

i = intensidade máxima média de precipitação em mm.

Tr = período de retorno (anos)

K , a , b, c = são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas do pluviômetro.

t<sub>c</sub> = tempo de concentração (minutos). É definido através da tabela 4.

Tabela 4. Tipologia da área a montante

Tipologia da área a montante	Declividade da sarjeta	
	< 3%	> 3%
Áreas de construções densas	10 min.	7 min.
Áreas residenciais	12 min	10 min
Parques, jardins, campos.	15 min	12 min

Fonte: SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS

Enfim, resolvendo as fórmulas descritas acima temos, para o cálculo da intensidade da chuva:

De acordo com a tabela (2) citada na bibliografia, determina-se T=10 anos e sendo assim, através da tabela (4) determina-se o tempo concentração (tc) como 10 minutos pela tipologia no local de estudo ser de construções densas e os demais valores para K=5690, 461; a= 32, 626; b= 0, 200; c=1, 080, se encontram na tabela (11) em anexo. Dessa maneira temos:

$$i = \frac{K \times T^a}{(t_c + b)^c}$$

$$i = \frac{5690,461 \times 10^{0,200}}{(10 + 32,626)^{1,080}}$$

$$i = 156,71 \text{ mm/h}$$

Através do valor encontrado, calculamos a vazão, onde de acordo com a tabela 3 citada na bibliografia tem que C = 1,00 para área totalmente urbanizada, e a área do local de estudo possui aproximadamente A = 5.889,30 m<sup>2</sup> ou 0, 589 ha.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

$$Q = \frac{1,0 \times 156,71 \times 0,589}{360}$$

$$Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Obtemos então a vazão de pico da bacia de 0, 589 ha de 0, 26 m<sup>3</sup>/s ou 260 l/s. Sendo assim a vazão de engolimento que passa nas bocas de lobo é calculada da seguinte maneira:

$$Q = 2,383 \times y^{1,5} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$y$  = altura de água na sarjeta sobre a grelha (m).

Devido ao local em estudo não possuir sarjeta, para o cálculo de vazão de engolimento, adotou-se para o valor de  $y = 1$  cm, apenas para representação. Dessa maneira temos:

$$Q = 2,383 \times y^{1,5}$$

$$Q = 2,383 \times 0,01^{1,5}$$

$$Q = 2,383 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou então } 23,83 \text{ l/s.}$$

O resultado acima representa a vazão para uma boca de lobo, entretanto o local de estudo possui sete (07) bocas de lobo.

Sendo assim:

$$Q_T = 23,83 \times 7$$

$$Q_T = 166,81 \text{ l/s}$$

Através dos resultados obtidos, fica comprovado que as bocas de lobo existentes no local não suportam a vazão de escoamento, pois, através dos cálculos foi concluído que a vazão de escoamento corresponde a  $Q = 260$  l/s, ou seja, as bocas de lobo existentes não atendem a demanda, pois suportam uma vazão apenas de  $Q_T = 166,81$  l/s.

## **7. INDICAÇÃO DE SOLUÇÃO**

### **7.1 Excesso de áreas impermeabilizadas**

Devido à alta concentração de áreas impermeabilizadas ocorre uma diminuição acentuada no tempo de concentração, onde há uma sobrecarga no sistema de microdrenagem, que foi dimensionado para uma população menor do que a atual, ou seja, foi construído para pequenos períodos de retorno. Sendo assim atualmente sua eficiência ficou comprometida.

### **Proposta e alternativas**

Para este caso as soluções viáveis são a utilização de leis de zoneamento urbano rígida e a fiscalização do uso e ocupação do solo intensa, de forma que haja o controle do avanço do índice de impermeabilização do solo.

### **7.2 Falta de planejamento**

Diante dos problemas enfrentados pela cidade relacionados à drenagem urbana é evidente que na construção desse sistema houve falhas. A principal delas é considerar uma população menor que a dos dias atuais. O desencadeamento desse erro pode ser visto na quantidade de bocas de lobo no local, a inexistência das sarjetas e a falta de manutenção dos meios-fios que em alguns pontos encontra-se totalmente desgastado.

### **Proposta e alternativas**

Todo plano drenagem urbana deve buscar sempre delimitar áreas mais baixas potencialmente inundáveis a fim de diagnosticar se será viável a ocupação destas áreas. Neste caso, como a área já esta totalmente ocupada a alternativa para minimizar esses problemas é manutenção nos dispositivos que não funcionam perfeitamente, o dimensionamento das sarjetas e o acréscimo das bocas de lobo, construídas de acordo com as normas e legislações existentes.

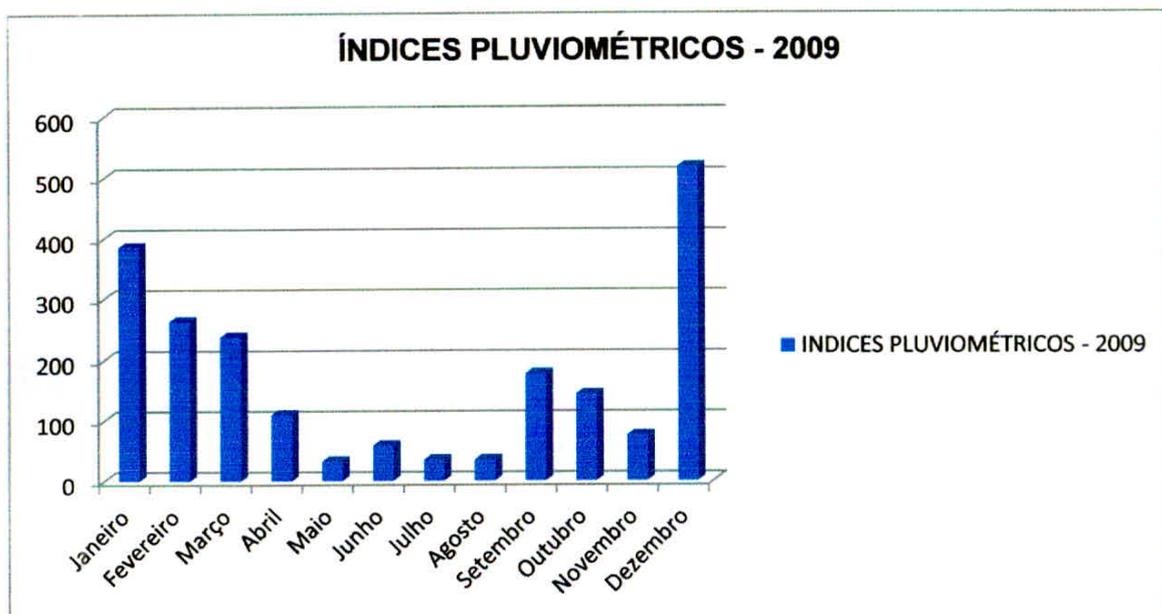
Portanto, o sistema da microdrenagem é necessário para criar condições melhores para a população residente no local e também para a circulação de veículos e pedestre, por ocasião de chuvas frequentes.

Dessa maneira um sistema de drenagem adequado, proporcionará uma série de benefícios, tais como:

- redução de gastos com manutenção das vias públicas;
- valorização das propriedades existentes na área;
- escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações;
- eliminação da presença de águas estagnadas.
- segurança e conforto para a população habitante na área;

## 8. ANEXOS

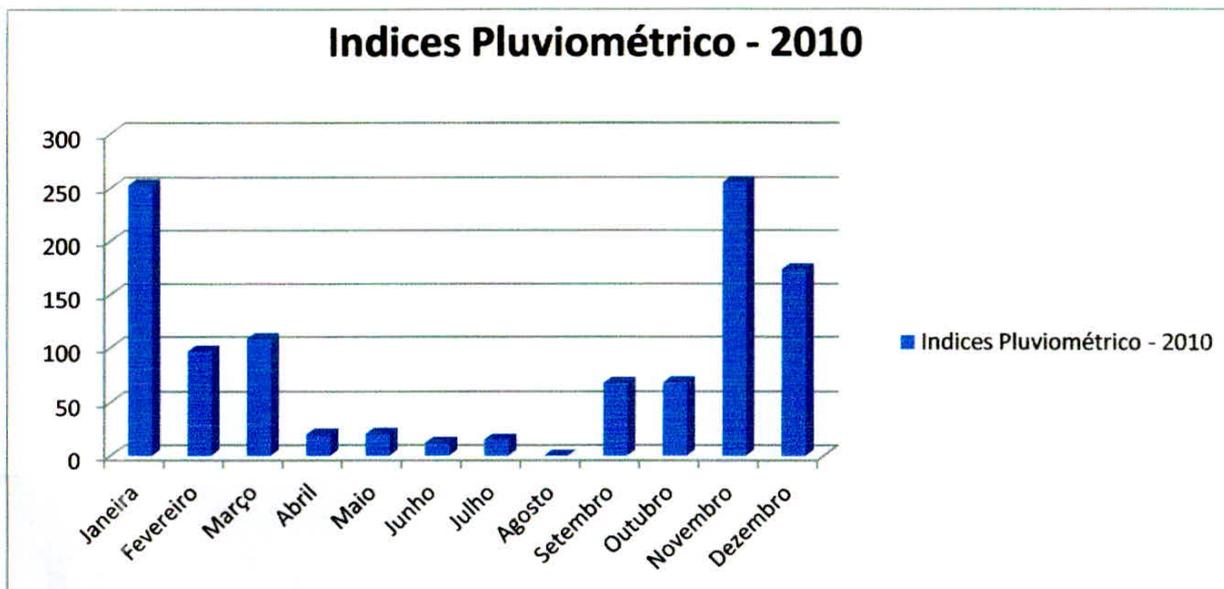
Tabela 5. Índices Pluviométricos em 2009.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm³	386	262,5	237,5	109,5	32,5	58,5	35	35	177	143,5	75	517,5

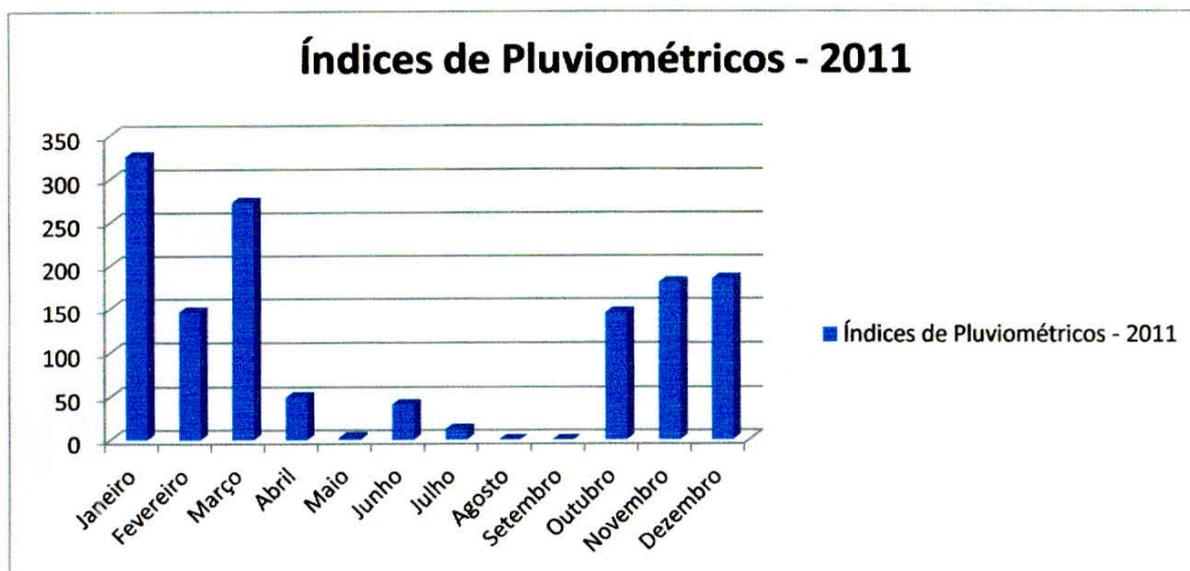
Fonte: Autor

Tabela 6. Índices Pluviométricos em 2010.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm³	252,5	96,5	108	20	20,5	12	15	0	67,5	68	255	173,5

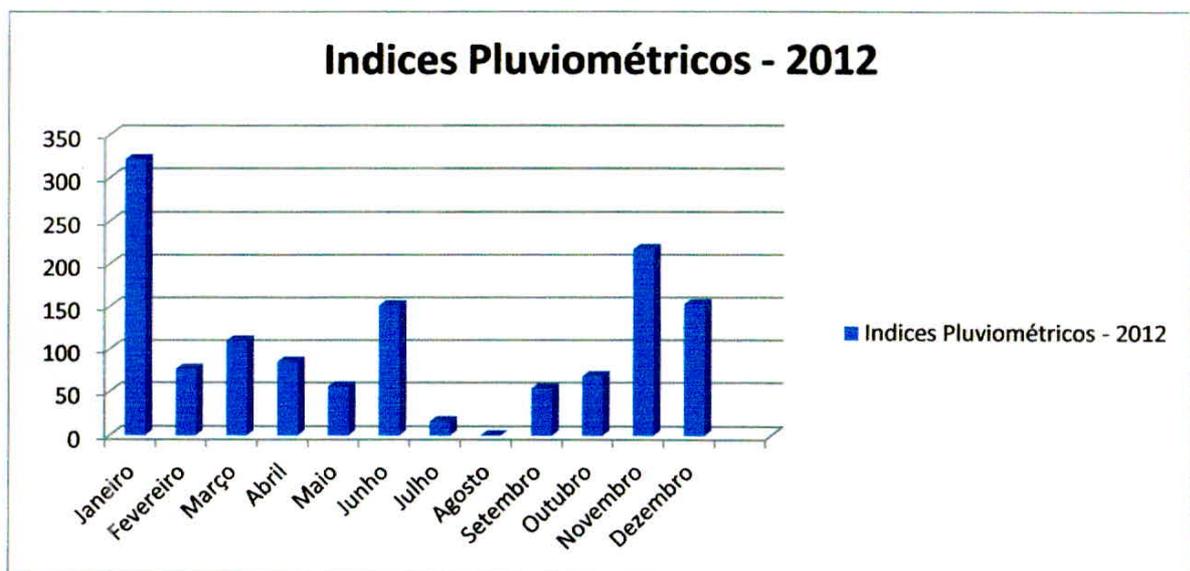
Tabela 7. Índices Pluviométricos em 2011.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm <sup>3</sup>	326	146	273	49,5	2,5	41	12	0	0	145	180	184

Fonte: Autor

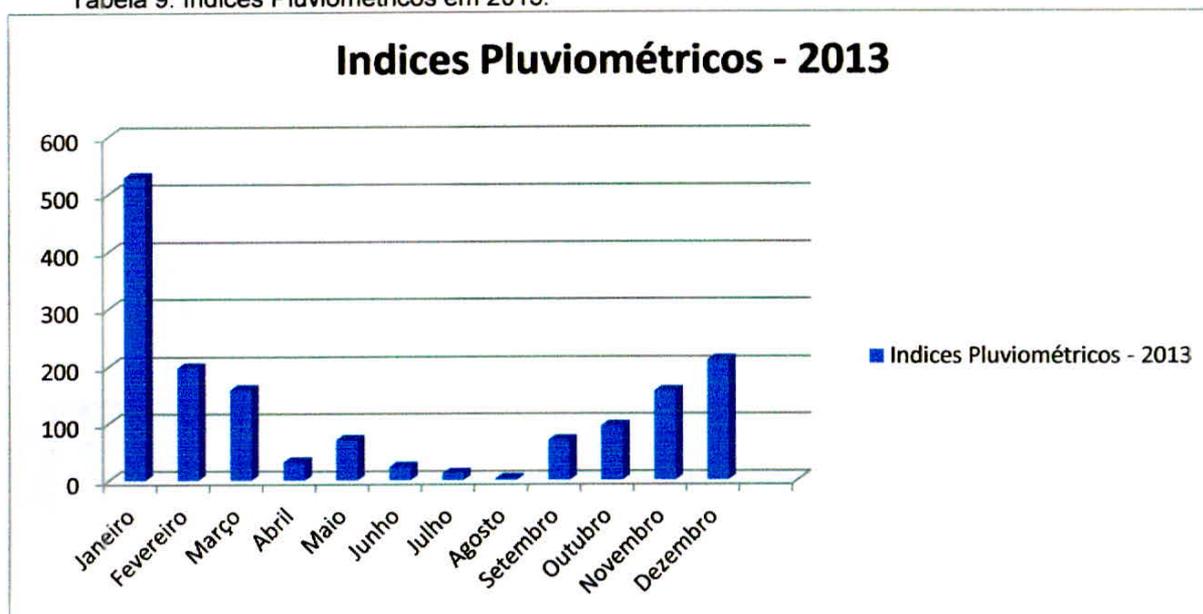
Tabela 8. Índices Pluviométricos em 2012.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm <sup>3</sup>	321	76,5	110	85	56	151	16	0	53,5	68	217	152,5

Fonte: Autor

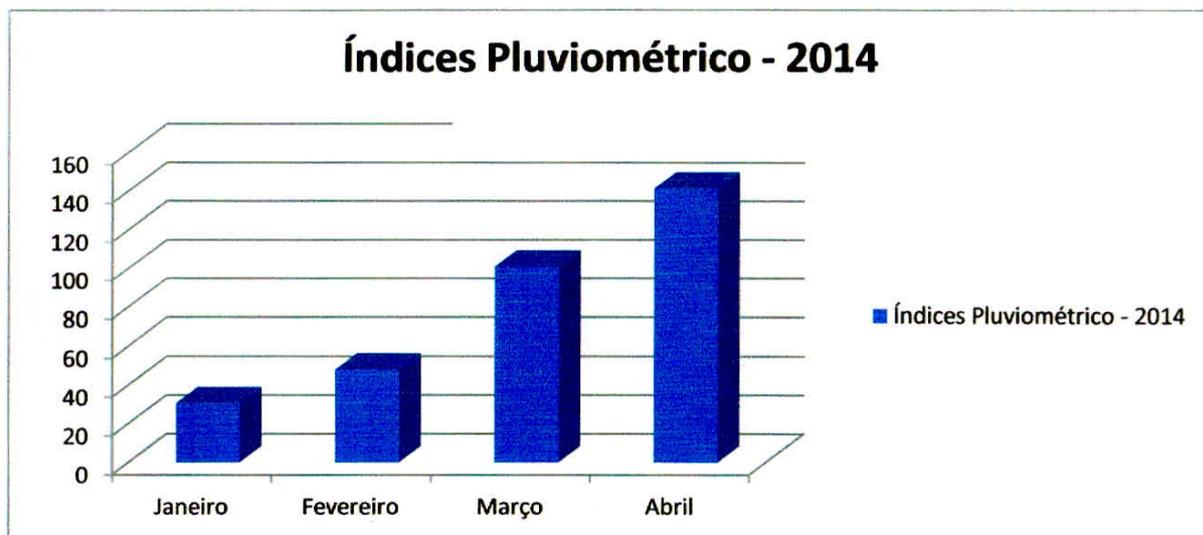
Tabela 9. Índices Pluviométricos em 2013.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm <sup>3</sup>	529	197,4	159	32,4	70,6	23,6	12,2	2,8	70,2	95	156	210,8

Fonte: Autor

Tabela 10. Índices Pluviométricos em 2013.



MESES	JAN	FEV	MAR	ABR
mm <sup>3</sup>	30,6	48	101	141,4

Fonte: Autor

Os dados em anexo foram retirados de um Jornal disponibilizado pela empresa Cocatrel (Cooperativa dos cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.).

Tabela 11: Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para os municípios da Associação dos Municípios do Lago de Furnas (ALAGO) e da região Oeste de

Minas Gerais.

LOCALIDADES (ALAGO E OESTE DE MG)	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	K	b	a	c
1. Aguanil	20°56'	45°23'	823	3643,659	29,581	0,171	1,011
2. Alfenas	21°25'	45°56'	881	3810,884	20,339	0,207	1,075
3. Alpinópolis	20°51'	46°23'	876	3156,330	17,827	0,205	1,009
4. Alterosa	21°14'	46°08'	843	3571,337	18,518	0,216	1,047
5. Arcos	20°16'	45°32'	740	826,446	10,188	0,194	0,742
6. Areado	21°21'	46°08'	815	3645,200	19,111	0,213	1,056
7. Bambuí	20°00'	45°58'	706	978,2050	17,83	0,187	0,722
8. Boa Esperança	21°05'	45°33'	775	4291,578	31,733	0,175	1,025
9. Cabo Verde	21°28'	46°23'	927	3543,313	18,233	0,218	1,044
10. Campo Belo	20°53'	45°16'	945	3628,243	29,525	0,171	1,011
11. Campo do Meio	21°06'	45°49'	785	3541,593	20,620	0,199	1,038
12. Campos Gerais	21°14'	45°45'	843	3830,386	20,705	0,206	1,071
13. Cana Verde	21°01'	45°10'	867	3630,718	29,535	0,171	1,011
14. Candéias	20°46'	45°16'	967	3627,415	29,519	0,171	1,011
15. Capitólio	20°36'	46°03'	766	2049,092	16,674	0,168	0,913
16. Carmo do Rio Claro	20°58'	46°07'	830	2608,310	17,324	0,186	0,961
17. Cláudio	20°26'	44°45'	832	692,251	9,716	0,204	0,688
18. Coqueiral	21°11'	45°26'	867	5949,010	38,665	0,179	1,059
19. Córrego Fundo	20°26'	45°33'	844	940,881	10,863	0,192	0,758
20. Cristais	20°52'	45°31'	873	3641,217	29,412	0,171	1,009
21. Divinópolis	20°08'	44°53'	712	2.377,021	22,171	0,205	0,869
22. Divisa Nova	21°30'	46°11'	877	3663,250	19,489	0,210	1,059
23. Elói Mendes	21°36'	45°33'	907	4262,090	23,324	0,209	1,067
24. Fama	21°24'	45°49'	776	3810,506	20,341	0,207	1,075
25. Formiga	20°27'	45°25'	841	1320,945	14,740	0,191	0,808
26. Guapé	20°45'	45°55'	760	2048,334	16,670	0,168	0,913
27. Iguatama	20°10'	45°42'	664	819,687	10,121	0,194	0,741
28. Ilhéus	20°56'	45°49'	857	2126,349	17,075	0,169	0,917
29. Itapecerica	20°28'	45°07'	835	734,727	10,032	0,203	0,694
30. Itaúna	20°04'	44°34'	880	3481,557	31,697	0,240	0,964
31. Lavras	21°14'	44°59'	919	10224,810	56,281	0,187	1,149
32. Machado	21°40'	45°55'	820	3811,290	20,340	0,207	1,075
33. Nepomuceno	21°14'	45°14'	840	9821,279	54,553	0,187	1,141
34. Oliveira	20°41'	44°49'	982	692,260	9,716	0,204	0,688
35. Pains	20°22'	45°39'	693	837,842	10,219	0,194	0,744
36. Paraguaçu	21°32'	45°44'	826	3810,660	20,341	0,207	1,075
37. Perdões	21°05'	45°05'	842	7201,555	43,123	0,188	1,087
38. Pimenta	20°29'	45°47'	776	2048,582	16,671	0,168	0,913
39. Piumhi	20°27'	45°57'	793	2049,118	16,674	0,168	0,913
40. Ribeirão Vermelho	21°11'	45°03'	808	10219,194	56,255	0,187	1,149
41. Santo Antônio do Monte	20°05'	45°17'	919	1727,084	19,210	0,189	0,870
42. São João Batista do Glória	20°38'	46°30'	695	2122,868	16,736	0,173	0,915
43. Três Pontas	21°22'	45°30'	885	5690,461	32,626	0,200	1,080
44. Varginha	21°33'	45°25'	916	5987,104	32,694	0,218	1,087

Fonte: ESTIMATIVA DE CHUVAS INTENSAS PARA O OESTE DE MINAS GERAIS E O ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE FURNAS.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. P. M. Medidas não Estruturais. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras – USP/EESC, 2004.**

BIDONE, F.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.

JR, A. P. **Saneamento, Saúde e Ambiente.** In: Barros, M. T. L; Zioni F.; Souza D. V.; Junior A. P; **Fundamentos para um desenvolvimento sustentável–USP/ FSP, 2005.**

MENDES, H. C.; MARCO, G. de; ANDRADE, J. P. M.; SOUZA, S. A.; MACEDO, R. F.

**Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras – USP/EESC, 2004.**

PORTO, M. F. A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas.** In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.

TUCCI, C.E.M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepções.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS, p.1-8, 1997.

**Cartilha de Drenagem Urbana.** Disponível em:

<<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>

Acesso em: 03 mai. 2014

**Climatempo – Climatologia Três Pontas.** Disponível em:

<<http://www.climatempo.com.br/climatologia/200/trespontas-mg>>

Acesso em: 30 abril. 2014.

**Como planejar o posicionamento das bocas de lobo.** Disponível em:

<<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/8/2-bocas-de-lobo-como-planejar-o-posicionamento-das-239376-1.aspx>>

Acesso em: 05

junho. 2014

**Estimativa de chuvas intensas para o oeste de Minas Gerais e o entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Furnas.** Disponível em:

<<file:///C:/Users/Windows/Downloads/83-281-1-PB.pdf>>

Acesso em: 05

junho. 2014

**Google Maps.** Disponível em:

<https://www.google.com.br/maps/place/Avenida+Ipiranga/@-21.3691692,-45.5005151,15z/data=!4m2!3m1!1s0x94ca83972f4f6a1f:0x7735ae00482b1596>

Acesso em: 27 abril. 2014.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.** Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=316940&search=minas-gerais%7Ctres-pontas%7Cinfograficos:-dados-gerais-do-municipio>>

Acesso em: 15 mai. 2014

**Manual de Drenagem de Rodovias. DNIT.** Disponível em:

<[http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual\\_de\\_Drenagem\\_de\\_Rodovias.pdf](http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual_de_Drenagem_de_Rodovias.pdf)>

Acesso em: 25 maio. 2014

**Manual de Drenagem Urbana – SUDECAP.** Disponível em:

<file:///C:/Users/Windows/Downloads/MANUAL%20SUDECAP%20DRENAGEM%20URBANA.pdf>Acesso em: 25 mai. 2014

**Método Racional.** Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\_livros/livro\_metodo\_calculos\_vazao/capitulo02.pdf>Acesso em: 05 junho. 2014

**Prefeitura Municipal de Três Pontas.** Disponível em:

<http://www.trespontas.mg.gov.br/mat\_vis.aspx?cd=7677>Acesso em: 4 abril. 2014; 30 abril. 2014; 9 mai. 2014; 16 mai. 2014.

**Equipe Positiva.** Disponível em:

<http://www.equipepositiva.com>Acesso em: 4 abril. 2014; 9 mai. 2014;.

**Sistemas Urbanos de Drenagem.** Disponível em:

<ftp://ftp.cefetes.br/cursos/transportes/Zorzal/Drenagem%20Urbana/Apostila%20de%20drenagem%20urbana%20do%20prof%20Cardoso%20Neto.pdf>  
Acesso em: 01 junho. 2014