

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
BEATRIZ GOULART TEMPESTA

N. CLASS.	160754
CUTTER	T282d
ANO/EDIÇÃO	2024

DRENAGEM URBANA:

Estudo de caso trecho do córrego Bambus – Três Pontas/MG

FEPESMIG

BEATRIZ GOULART TEMPESTA



DRENAGEM URBANA:

Estudo de caso trecho do córrego Bambus – Três Pontas/MG

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia

Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

BEATRIZ GOULART TEMPESTA

DRENAGEM URBANA:

Estudo de caso trecho do córrego Bambus – Três Pontas/MG

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia

Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

Aprovado em / /

Leopoldo Uberto Junior
Orientador

Ivana Prado Vasconcelos
Coordenadora do curso de Engenharia Civil

Oswaldo Henrique Barolli Reis
Professor

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha caminhada para a formação acadêmica. E, especialmente aos meus pais Vitor Ivan Tempesta e Marcia Aparecida Carvalho Pereira Tempesta.

AGRADECIMENTOS

A meus familiares que sempre me apoiam nos estudos e em tudo. Foram e são de extrema importância sempre em qualquer projeto que eu faça.

Aos meus amigos pela paciência e incentivo. Aos colegas de classe pelo companheirismo e força no dia a dia ao longo de todos esses anos.

Ao Professor Leopoldo Uberto Ribeiro, pela disposição em me orientar, se mostrando sempre disposto a ajudar.

E por último, mas não menos importante, a Deus, pela vida, pela oportunidade, pela força, coragem, por tudo.

RESUMO

Drenagem urbana está entre os problemas mais enfrentados pelos municípios brasileiros. Este problema está direcionado diretamente a sistemas de drenagem precários e mal dimensionado, e ao grande crescimento populacional que traz consigo maiores áreas impermeabilizadas dificultando a infiltração das águas superficiais, com isso as inundações se tornam cada vez mais constantes. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise e relatar os principais problemas de um trecho do córrego Bambus localizado na Avenida Oswaldo Cruz na cidade de Três Pontas, a fim de corrigi-los ou evita-los. Também, serão propostas medidas estruturais e não estruturais, e o correto dimensionamento do canal por onde passa o córrego, que é a área mais afetada pelas inundações decorrentes de precipitações intensas na cidade.

Palavras chave: Drenagem urbana, inundações urbanas, dimensionamento de canais abertos, sistemas de drenagem.

ABSTRACT

Urban drainage is one of the problems faced by Brazilian cities. This problem is directly related to poor drainage systems and poorly scaled, and the large population growth that brings larger impervious areas hindering the infiltration of surface water, that's why the floods are becoming more constant. This work aims to analyze and report the main issues of a stretch of Corrego Bambus located on Oswaldo Cruz avenue in the city of Tres Pontas in order to fix them or avoid them. Also, be proposed structural and non-structural solutions, and the correct sizing of the stream channel, which is the area most affected by the floods caused by heavy rainfall in the city.

Keywords: Urban Drainage - Urban Flooding - sizing open channels - Drainage Systems

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Processo de Urbanização.....	16
Figura 2 -	Ocupação da bacia hidrográfica e suas conseqüências	25
Figura 3 -	Tipos de canais na macrodrenagem.....	27
Figura 4 -	Parâmetros Hidraulicos.....	27
Figura 5 -	Máxima eficiência hidráulica.....	30
Figura 6 -	Sistema de alerta de enchente.....	35
Figura 6 -	Trecho do córrego Bambus.....	36
Figura 7 -	Congestionamento do transito.....	37
Figura 8 -	Canal totalmente submerso.....	37
Figura 9 -	Inundação no córrego Bambus.....	37
Figura 10 -	Danos materiais a população.....	37
Figura 11 -	Córrego Bambus transbordando.....	37
Figura 12 -	Danificação de móveis, eletrônicos e lama.....	37
Figura 13 -	Localização de Três Pontas em Minas Gerais.....	39
Figura 14 -	Unidades de Gestão da bacia hidrográfica do Rio Grande.....	40
Figura 15 -	Demarcação do córrego Bambus e Ribeirão Araras.....	41
Figura 16 -	Área de Drenagem.....	42
Figura 17 -	Três Pontas em 1937.....	43
Figura 18 -	Três Pontas atualmente.....	43
Figura 19 -	Lixo no córrego Bambus.....	43
Figura 20 -	Tubulação entupida.....	44
Figura 21 -	Bueiros e tubulação com passagem obstruída.....	44
Figura 22 -	Alagamento no canal.....	44
Figura 23 -	Corte da seção atual do canal.....	47
Figura 24 -	Solos permeáveis.....	51
Figura 25 -	Planos e valos de infiltração.....	52
Figura 26 -	Armazenamento de agua.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores típicos de C.....	21
Tabela 2 - Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Três Pontas.....	22
Tabela 3 - Tempos de retorno para diferentes seções.....	23
Tabela 4 - Parâmetros característicos de algumas seções usuais.....	28
Tabela 5 - Coeficientes de rugosidade para canais artificiais.....	29
Tabela 6 - Características das seções de máxima eficiência hidráulica.....	31
Tabela 7 - Velocidade mínima em função da água conduzida no canal.....	32
Tabela 8 - Velocidade máxima em função do material do canal.....	32
Tabela 9 - Dados pluviométricos da cidade de Três Pontas.....	41
Tabela 10 - Cálculo da intensidade da chuva.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	16
3.1 Processos de Urbanização	16
3.2 Inundações Urbanas.....	17
3.3 Controle de enchentes em áreas urbanizadas.	18
3.3.1 Metodologias de quantificação do escoamento.....	18
3.3.1.1 Método Racional	19
3.4 Drenagem Urbana: Medidas Estruturais e Não Estruturais.....	23
3.4.1 Medidas Estruturais.....	23
3.4.1.1 Microdrenagem.	24
3.4.1.2 Macrodrenagem.....	24
3.4.1.3 Canais Naturais ou artificiais – Abertos.....	26
3.4.1.3.1 Fórmula de Manning	29
3.4.2 Medidas Não Estruturais.	33
4 MATERIAL E MÉTODO.....	36
4.1 Classificações da pesquisa.....	36
4.2 Coleta e interpretação dos dados.	38
4.3 O município de Três Pontas.....	39
4.4 Caracterização do córrego Bambus.	41
4.5 Parâmetros hidráulicos.	45
4.5.1 Cálculos da vazão que escoava da bacia para o canal do córrego Bambus.	45
4.5.2 Cálculos da vazão da seção do canal atualmente.	46
4.5.3 A seção do canal em meados de 1937.....	48
4.5.4 Medidas Estruturais.....	49
4.5.4.1 Desassoreamento do trecho do canal do Córrego Bambus.	49

4.5.5 Medidas não estruturais.....	51
5 RESULTADOS.....	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
7 BIBLIOGRAFIA	57
8 ANEXOS	59

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte dos municípios passa por situações críticas quando o assunto é relacionadas à drenagem urbana de águas pluviais. Este que reflete diretamente ao meio ambiente e a sociedade. Dentre os impactos causados pela urbanização, podemos destacar a impermeabilização, devido a pavimentação das ruas e calçadas, pelos telhados e áreas de estacionamentos, que reduzem consideravelmente o volume de infiltração das chuvas no solo. A falta de planejamento do uso do solo gera grande produção de sedimentos e resíduos sólidos, que são dispostos de maneira incorreta provocando a saturação nos processos de microdrenagem e macrodrenagem. Ou seja, aumentam o escoamento superficial.

A modificação do ambiente natural pelo rápido crescimento populacional urbano, não planejado, tem trazido como resultados grandes impactos ambientais e sanitários para sociedade brasileira quando o assunto é drenagem urbana. Segundo Andrade et. al (2009) é importante o planejamento de um sistema de drenagem pluvial desde o início da formação do planejamento urbano, pois é bastante provável que este sistema ao ser projetado posteriormente, apresente um alto custo de implantação e seja deficiente devido às condições a serem contornadas na sua execução, sendo conveniente, para a comunidade, que a área urbana seja planejada de forma integrada. De acordo com um estudo realizado pelo IBGE (2000) verificou-se que a maioria dos municípios brasileiros possuem algum tipo de serviço de drenagem urbana (78,6%), independentemente, da extensão d suas redes e eficiência do sistema de forma geral.

Segundo ANDRADE et. al (2009) o planejamento de um sistema de drenagem pluvial desde o início da formação do planejamento urbano, pelo fato de que é muito provável que este sistema ao ser projetado posteriormente apresente um alto custo de implantação, e será deficiente devido as condições a serem contornadas na sua execução.

O atual estudo está sendo realizado na cidade de Três Pontas, município localizado na região sul de Minas Gerais. É uma cidade com praticamente todas as ruas da zona urbana asfaltada e serviços de água e esgoto para quase toda população. Com uma área de 689 quilômetros quadrados, o município possui cerca de cinquenta e quatro mil habitantes, sendo que na zona urbana residem aproximadamente quatro quintos desse total.

O município não possui relevo muito acidentado, com altitude média em torno de novecentos metros em relação ao nível do mar. Os ribeirões das Araras e da Espera são os

principais cursos d'água que cortam o Município, desaguando ambos na Represa de Furnas. Os rios Verde e Sapucaí passam no extremo limite sul e formam a extremidade meridional da Represa de Furnas. Os dois rios se encontram no distrito do Pontalete. Três Pontas está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

A zona urbana é cortada pelos córregos Candongas, Custodinho, Bambus e Quatis, que são afluentes do Ribeirão das Araras. Praticamente todos os córregos são canalizados, com exceção do córrego Custodinho e de um trecho do Córrego Candongas, mas nesses trechos não existem casas ou ruas próximas. Quando ocorrem chuvas muito fortes, o Córrego Bambus, na Avenida Oswaldo Cruz, transborda e inunda as casas e lojas próximas, deixando muita lama e sujeira.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é caracterizar o sistema de drenagem no córrego Bambus localizado na Avenida Oswaldo Cruz, identificar os principais problemas e propor soluções construtivas e não construtivas para o sistema de drenagem desta região.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar e diagnosticar o sistema de drenagem existente;
- b) Identificar as deficiências e suas causas;
- c) Caracterizar os eventos de cheias;
- d) Propor soluções construtivas e não construtivas para minimizar ou eliminar os problemas constatados no sistema de macrodrenagem em estudo.

2 JUSTIFICATIVA

Segundo FERNANDES (2002), no Brasil o grande desenvolvimento urbano ocorreu no final dos anos 1960 à 1990, quando o país passou de 55% de população urbana para 76%. Esta concentração de população ocorreu principalmente em grandes metrópoles, a taxa de população urbana brasileira é de 80%, próxima a saturação. Este processo descontrolado atuou diretamente nas condições de infraestrutura reduzida, causando certo caos em relação aos recursos hídricos: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos e drenagem.

A ausência do planejamento urbano na grande maioria das cidades brasileiras traz inúmeros problemas para a população que nelas residem, em decorrência dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Como exemplo, os problemas relativos às enchentes urbanas, que podem desabrigar milhares de pessoas, gerar altos prejuízos econômicos e desenvolver doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose e malária, por exemplo, e aqueles relativos a produção e transportes de cargas difusas de poluição que podem prejudicar os corpos de água (PORTO, 2001).

Diante dessas citações, este trabalho pretende analisar o problema na Avenida Oswaldo Cruz, determinar se o canal por onde escoam as águas pluviais está subdimensionado e propor soluções a fim de evitar essas inundações e falhas no sistema de drenagem urbana da cidade de Três Pontas.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Processos de Urbanização

Segundo Tucci (2000), com o crescimento contínuo da urbanização das cidades brasileiras, os municípios começaram a apresentar problemas de drenagem urbana resultante da má execução ou falta dos projetos municipais. A partir do instante em que uma área rural é transformada em área urbana, são construídas áreas impermeáveis e condutos que modificam o escoamento da água precipitada em direção aos rios.

As inundações e alagamentos devidos à urbanização são processos relacionados com a ação do homem realizada nas áreas urbanas. Ocorrem em bacias menores, exceto para as cidades grandes. Esse tipo de inundação acontece com a impermeabilização do solo à medida que a população vai crescendo, o que diminui sua infiltração e, então, acelera o escoamento, aumentando a vazão nos condutos e dificultando assim a drenagem local. Tucci e Bertoni (2003).

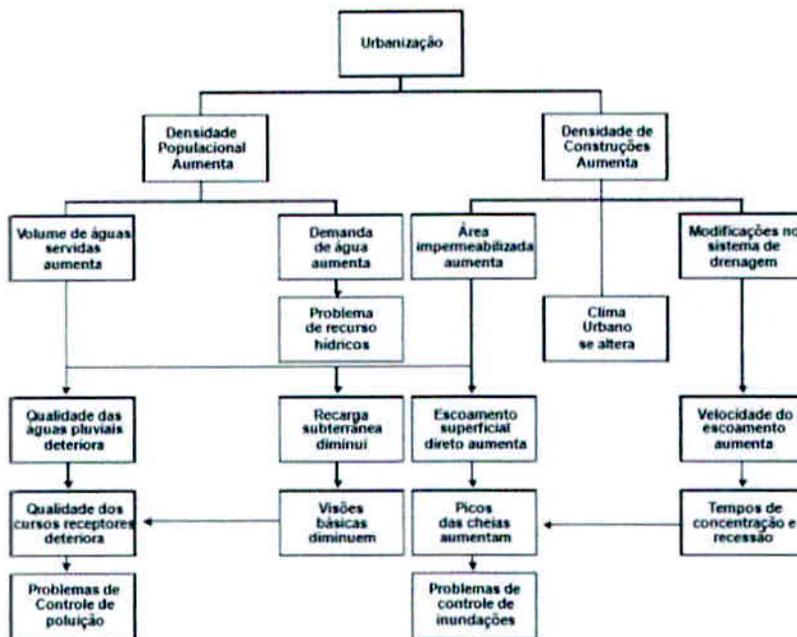


Figura 01 : Processo de urbanização nas cidades.

Fonte: Hidrologia Ciência e Aplicação apud Tucci et al. (2004).

3.2 Inundações Urbanas

As inundações urbanas são provocadas principalmente pelo cúmulo de escoamento superficial gerado pelo crescimento dos índices de impermeabilização do solo, que gera a diminuição dos processos de infiltração e de retenção de água, ou seja, quando o volume de escoamento superficial ultrapassa a capacidade de escoamento do curso d'água que drenam as cidades, ocorrem as inundações. Philippi Jr.(2010).

De acordo com Philippi Jr. (2010), ressalta-se que existe diferença entre enchentes (cheias) e inundações. Apesar de serem fenômenos parecidos, são distintos no ponto de vista hidrológico. As enchentes acontecem sempre quando há precipitações, gerando o aumento do nível d'água na bacia hidrográfica, sem que haja transbordamento. Então as vazões dos rios aumentam devido ao escoamento superficial. Quando esse aumento de vazão provoca o extravasamento, ocorre a inundação, ou seja, o rio sai do seu leito menor e passa a ocupar o leito maior.

Segundo Barros (2005) as atividades realizadas nas cidades interferem no meio ambiente. A maioria das cidades do mundo encontra-se em uma situação de ocupação preocupante, ou seja, o processo de urbanização se deu de forma caótica, sem planejamento, e vem tendo como consequência a deteriorização dos seus processos básicos necessários para a vida dos seres vivos.

Para Tucci (1995) um dos problemas urbanos no Brasil ligado a questão das inundações urbanas, envolve a falta de habitação para parcela significativa da população que vivem em estado de pobreza extrema, levando a um grande numero de favelas nas cidades, principalmente nas zonas periféricas. As favelas geralmente 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 às cheias. Áreas de encostas de morros muito íngremes, sujeitas a deslizamento durante chuvas muito intensas também tem sido ocupadas irregularmente.

De acordo com Tucci (1995), essa população é a primeira a ser atingida pelas inundações, tendo então famílias desabrigadas, várias doenças transmitidas pela água, destacando a leptospirose, que ocasionam muitos óbitos.

A questão de drenagem urbana, portanto, segundo Phillippi Jr. (2010) não diz respeito a apenas técnicas de projetos, obras, etc., ela esta associada a vários problemas envolvidos, tais como econômicos, sociais e ambientais urbanos que são extremamente críticos atualmente, então é previsível uma situação futura delicada, considerando o crescimento populacional previsto. Então surge a preocupação de se modificar a gestão das áreas urbanas, adotando novos meios de controle para o cenário alarmante previsto.

3.3 Controle de enchentes em áreas urbanizadas.

Tucci (1997) diz que o controle de enchentes envolve medidas estruturais e não estruturais, que dificilmente estão desassociadas. As medidas estruturais envolvem custos elevados e resolvem somente problemas específicos e localizados, enquanto que as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes.

3.3.1 Metodologias de quantificação do escoamento.

É necessária a quantificação das enchentes, para que possa ser avaliado o seu impacto, e projetar novas obras ou verificar os benefícios das ações. Para a quantificação, o sistema pode ser separado em microdrenagem e macrodrenagem.

A avaliação do impacto da urbanização sobre o escoamento pode ser realizada pelo método racional para pequenas áreas, denominadas microbacias urbanas, dentro do conceito de vazão de projeto (Bidone e Tucci, 1995; Tucci e Genz, 1995). Para a macrobacia urbana existem dificuldades adicionais que são como as bacias irão se desenvolver no futuro; e, considerando que o processo de ocupação normalmente ocorre de jusante para montante, como quantificar futuros cenários nos projetos e controle da drenagem. Os métodos de quantificação utilizados podem ser:

a) Métodos estatísticos:

Esse método utiliza-se dados não homogêneos de vazão para estimar o impacto da urbanização. Geralmente necessitam de uma quantidade grande de informações em diferentes sub-bacias. Baseia-se na regionalização de vazões máximas (Nerc, 1975 apud Tucci, 1997), utilizando como indicador da urbanização a parcela urbanizada. Esse tipo de procedimento necessita de informações que na maioria das bacias não existem.

b) Métodos matemáticos:

São os modelos matemáticos que determinam a vazão máxima com base na precipitação, já que é difícil a existência de dados hidrológicos monitorados ao longo do tempo que permitam determinar, para diferentes tempos de retorno, a diferença entre os cenários de depois de urbanizada, principalmente em bacias urbanas brasileiras. O cálculo é realizado de acordo com o tempo de retorno da precipitação, o que não é necessariamente o mesmo risco da vazão.

Segundo TOMAZ (2011), os cálculos podem ser feitos mediante dois métodos. O método racional, onde a área da bacia deve ser inferior a 03 km², e o método SCS TR-55 para áreas inferiores a 250 km².

3.3.1.1 Método Racional

O método racional é um método indireto e foi apresentado por Mulvaney em 1851 e usado por Emil Kuichling em 1880 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial. É utilizado para o cálculo de vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. Tomaz (2011).

O método racional deve ser utilizado quando a área de drenagem for inferior a 03 km², ou quando o tempo de concentração for inferior à 01 hora.

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \quad \text{Equação (01)}$$

Sendo:

Q = vazão de pico (m^3/s);

C = coeficiente de escoamento superficial (varia de 0 a 1);

I = Intensidade média da chuva (mm/h);

A = área da bacia (ha). 1 ha = 10000 m^2 .

A utilização do método Racional implica na determinação de dois parâmetros básicos: o coeficiente de escoamento e a intensidade crítica das precipitações.

- Área de drenagem (A):

É a área destinada ao estudo, onde geralmente as áreas ou bacias ocupadas pelo processo de urbanização são de médio ou pequeno porte. Onde bacias de pequeno porte são caracterizadas por possuírem tempo de concentração inferior à 1 hora ou quando a área de drenagem não ultrapasse 2,5 km^2 , as bacias de grande porte são caracterizadas pelo tempo de concentração superior à 12 horas e a área de drenagem maior que 1.000 km^2 , e então as bacias consideradas de médio porte, situadas entre esses dois tipos. Tomaz (2011).

- Coeficiente de escoamento superficial (C).

O Coeficiente de escoamento superficial (C) também é conhecido como coeficiente de Runoff. Este coeficiente é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (Tucci, 2000).

O coeficiente de escoamento deve ser fixado em função das características de impermeabilização, de uso e ocupação do solo na bacia, de forma global. Os valores de C podem ser obtidos em tabelas existentes na literatura, variando de 0,95 (limite 1,0) para áreas impermeabilizadas até 0,05 para áreas arborizadas, permeáveis. E é auxiliado através da tabela 01 ou pela equação de Schueler, onde:

$$C = 0,05 + 0,009 \times A_i$$

Equação.(02)

Sendo:

C = coeficiente de escoamento superficial;

Ai = área impermeável (%);

Tabela 01: Valores típicos de C em áreas urbanas.

Descrição da área de drenagem		Valores típicos de C
Residenciais	Unifamiliares	0,30-0,50
	Edifício com área verde continua	0,60-0,75
	Áreas residenciais com ocupação densa	0,70-0,95
	Áreas residenciais suburbanas	0,25-0,40
Áreas comerciais densamente ocupadas		0,80-0,95
Industriais	Densas	0,60-0,90
	Pouco densas	0,50-0,80
Vias asfaltadas ou concretadas		0,70-0,95
Vias com calçamento tipo paralelepípedo		0,70-0,85
Áreas de estacionamento pavimentadas		0,80-0,95
Áreas verdes e parques		0,10-0,25
Cemitérios		0,10-0,80
Áreas desocupadas		0,10-0,60

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Marcio Baptista e Marcia Lara, 2006, 2ªed.

- Intensidade da chuva de projeto.

A intensidade da chuva é a precipitação por unidade de tempo, determinada através de uma fórmula, estabelecida com base nas relações de intensidade, duração e frequências para precipitações históricas do sul de Minas Gerais.

$$I = \frac{k \cdot Tr^a}{(tc+b)^c} \quad \text{Equação. (03)}$$

Onde:

I = Intensidade média da chuva (mm/h)

Tr = Período de retorno

t_c = tempo de concentração (min)

K, a, b e c = Parâmetros Relativo a localidade

Para a cidade de Três Pontas, temos:

Tabela 02: Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Três Pontas.

Localidade	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	K	B	A	C
Tres Pontas	21°22'	45°30'	885	5690,461	32,626	0,200	1,080

Fonte: Artigo Estimativo de chuvas intensas - Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba – PR.

- Tempo de concentração (t_c).

O tempo de concentração pode ser medido a partir da observação simultânea de eventos pluviais e hidrogramas, sendo, entretanto, usualmente estimado através de equações empíricas, abundantes na literatura. Sendo a fórmula de Kirpich:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^2}{I} \right)^{0,385} \quad \text{Equação. (04)}$$

T_c = tempo de concentração, em (min);

L = comprimento total, em (km);

I = Declividade, em (%).

- Período de retorno (T_r).

Período de retorno é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Na macrodrenagem estima-se um período de retorno de 50 a 100 anos, segundo Tomaz (2011).

Tabela 03: Tempos de retorno para diferentes ocupações.

Tipo de obra	Tipo de ocupação da area	Tempo de retorno
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviço publica	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artereas de trafego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Área de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

3.4 Drenagem Urbana: Medidas Estruturais e Não Estruturais

De acordo com PHILIPPI JR. (2010), a relação dos fatores responsáveis pelas inundações urbanas, demonstra que um sistema de drenagem deve ser projetado, executado e operado de acordo com os demais serviços público do município. O sistema de drenagem é projetado para dar vazão ao excesso de chuvas, portanto, o seu dimensionamento depende da ocorrência de um fenômeno natural, que se caracterizam por serem totalmente aleatórios, ocorrem ao acaso.

3.4.1 Medidas Estruturais

“As medidas estruturais de um sistema de drenagem variam de acordo com as características do problema a ser resolvido, como o tamanho da área a ser drenada, o índice de permeabilidade do solo, o tipo de ocupação do solo, características físicas, hidrológicas e hidráulicas da bacia, risco adotado para o sistema de drenagem, obras de infraestrutura urbana existente, etc. Não existe uma solução técnica básica a ser adotada a priori, cada caso é um caso.” (Philippi Jr. 2010)

3.4.1.1 Microdrenagem.

De acordo com Tucci (1995) a microdrenagem urbana é composta por sistemas de condutos pluviais em nível de loteamento, agindo o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos. A rede de drenagem por microdrenagem é composta por: tubos de condução pluvial, boca de lobo, caixa de grelha junto ao meio fio, poço de visita, e sarjetas.

Segundo Philippi Jr. (2010), um dos maiores problemas do sistema de microdrenagem é sua manutenção, geralmente precária nos municípios. E também considerando que os sistemas de drenagem no Brasil sofrem com um grande volume de lixo e sedimentos que entopem as galerias, a falta de limpeza passa a ser um sério causador de inundações localizadas.

3.4.1.2 Macrodrenagem

Philippi Jr. (2010) cita que a macrodrenagem é formada por um sistema de canais e rios que recebem a água coletada pela microdrenagem. Os canais e rios em áreas urbanas não tem capacidade para dar escoamento à vazão da chuva de projeto e, portanto, devem ser objeto de obras de ampliação para aumento das suas capacidades de transporte de água.

Segundo Tucci (1997), o controle do impacto do aumento do escoamento devido à urbanização, na macrodrenagem, tem sido realizado, nas cidades brasileiras, através da canalização. Os canais são dimensionados para escoar uma vazão de projeto para tempos de retorno que variam de 50 a 100 anos. A figura (02) demonstra no primeiro estágio a bacia que não está totalmente urbanizada, e as inundações ocorrem no trecho urbanizado, onde algumas áreas não estão ocupadas, por inundarem com frequência.

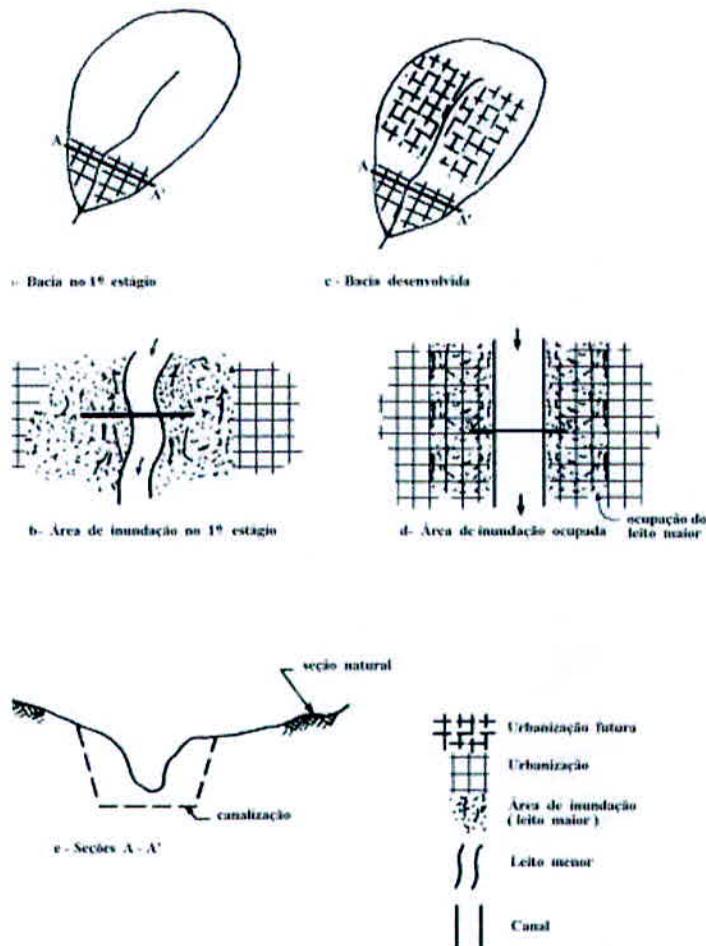


Figura 02: Ocupação da bacia hidrográfica e suas consequências
 Fonte: Artigo ÁGUA NO MEIO URBANO-Carlos E. M. Tucci (1997).

Com a canalização nesse trecho, acabam as inundações. Essas áreas tornam-se valorizadas, pela suposta segurança do controle de enchentes e o loteamento leva a uma ocupação nobre de alto investimento. Com o desenvolvimento da bacia de montante e o respectivo aumento da vazão máxima, que não é controlada pelo poder público, voltam a ocorrer inundações no antigo leito maior. Nessa etapa, não existe mais espaço para ampliar lateralmente o canal, sendo necessário aprofundá-lo, onde aumentam os custos que são elevados, já que é necessário estruturar as paredes do canal. Esses custos podem chegar a valores de US\$ 50 milhões/km. (Tucci, 1997).

Segundo Philippi Jr. (2010), no Brasil, os projetos de drenagem urbana em macrodrenagem empregam soluções do tipo canal em concreto coberto para aproveitamento do sistema viário (galeria fechada). Porém, esse tipo de canal se mostra cada vez mais inviável por serem obras caras, de difícil manutenção, apresenta problemas de assoreamento, e com isso limita a capacidade de escoamento. Portanto, deve-se evitar essa concepção de canais de concreto fechados, rios com margens concretadas, canais retilíneos de grande velocidade etc.

Independentemente da execução das obras de drenagem e da sua localização da área urbana, a rede da macrodrenagem sempre existe, uma vez que esta é o sistema de escoamento natural das águas. Este que também coleta as águas que vem de regiões onde não há o sistema de microdrenagem. (Frendrich,1997).

As obras de macrodrenagem procuram melhorar as condições de escoamento para diminuir os problemas como erosão, assoreamento e inundação ao longo dos principais canais. E suas medidas estruturais são constituídas por:

- a) Canais naturais ou artificiais:
- b) Galerias de grande porte:
- c) Obras de proteção contra erosão;
- d) Outros componentes (vias marginais e faixa de servidão).

3.4.1.3 Canais Naturais ou artificiais – Abertos.

Os canais são obras destinadas a condução da água com superfície livre. Podem ser naturais, revestidos ou impermeabilizados. Os canais naturais quando revestidos ou impermeabilizados são utilizados como canais de drenagem em áreas urbanas.

De acordo com Marcio Baptista e Marcia Lara (2006) o escoamento livre, ou escoamento em canais abertos, é caracterizado pela presença de uma superfície em contato com a atmosfera, submetida, portanto, a pressão atmosférica. Assim, as condições de contorno desse tipo de escoamento podem ser variáveis, no tempo e no espaço.

Segundo Jhon e Gribbin (2012), “quando a água flui em declive em qualquer conduto com superfície da água exposta á atmosfera (superfície livre), diz –se que ela está submetida a um escoamento em canal aberto ou mais comumente escoamento livre. Esse tipo de escoamento difere do realizado em conduto forçado (também denominado como escoamento sob pressão), mas não é menos complexo. A hidráulica de canais abertos é o estudo das leis que regem o escoamento da água em condutos livres, o que geralmente inclui canais, cursos d’água e tubulações.”

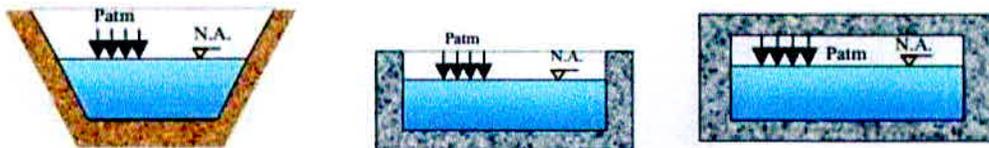


Figura 03: Tipos de canais de macrodrenagem urbana

As condições de contorno nos escoamentos livres podem apresentar-se de forma extremamente variável. Em função da geometria da seção e da profundidade de escoamento, podem-se definir vários parâmetros com grande importância e são muito utilizados nos cálculos hidráulicos.

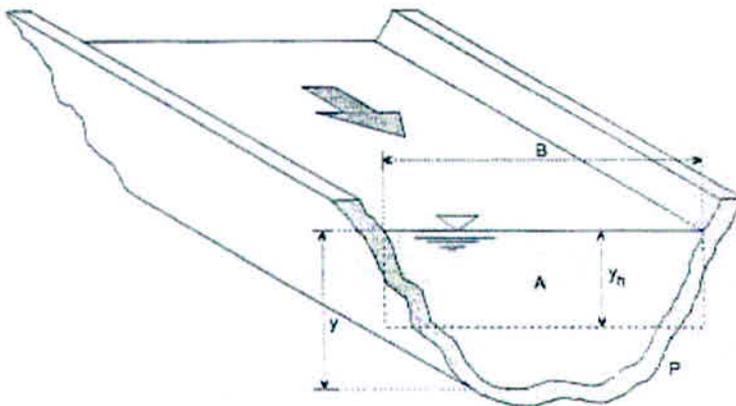


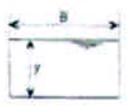
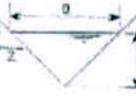
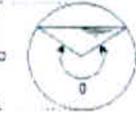
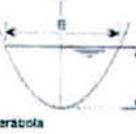
Figura04: Parâmetros hidráulicos fundamentais das seções transversais.

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Marcio Baptista e Marcia Lara, 2006,2ªed.

- Seção ou área molhada (A): parte da seção transversal que ocupada pelo líquido;
- Perímetro molhado (P): comprimento relativo ao contato do líquido com o conduto;
- Largura superficial (B) largura da superfície em contato com a atmosfera;
- Profundidade(y): altura do líquido acima do fundo do canal;
- Profundidade hidráulica (Yh): razão entre a área molhada e largura superficial;
- Raio hidráulico (Rh): razão entre a área molhada e perímetro molhado.

Para algumas seções de forma geométrica definida, esses elementos podem ser expressos em função da água, conforme a tabela abaixo:

Tabela 04: Parâmetros característicos de algumas seções usuais.

	Área	Perímetro Molhado	Raio Hidráulico	Largura Superficial	Profundidade Hidráulica
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y
	$(b + Zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$	$b + 2Zy$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2Zy}$
	Zy^2	$2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1 + Z^2}}$	$2Zy$	$0,5y$
	$0,125 (\theta - \sin \theta) D^2$	$0,5 \theta D$	$0,25 \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\theta} \right) D$	$2\sqrt{y(D-y)}$	$0,125 \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}} \right) D$
 Parábola • Para $y < 3/4 B$	$\frac{2}{3} By$	$B + \frac{8y^2}{3B}$	$\frac{2B^2 y}{3B^2 + 8y^2}$	$\frac{3B}{2y}$	$\frac{2}{3} y$

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Marcio Baptista e Marcia Lara, 2006, 2ª ed.

3.4.1.3.1 Fórmula de Manning

A chamada fórmula de Manning é bastante utilizada para cálculos hidráulicos relativos a canais naturais e artificiais. Com cálculo do escoamento por esta fórmula, podemos distinguir as diferentes variáveis, como, as variáveis geométricas que envolvem a área da seção transversal e o raio hidráulico, que são funções da profundidade de escoamento, e as variáveis hidráulicas que são a vazão e a declividade.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação. (05)}$$

Sendo:

V= Velocidade média da seção;

n= coeficiente de rugosidade;

R= Raio hidráulico(m). É o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado;

S= Declividade (m/m).

- Coeficiente de rugosidade (n).

O coeficiente de rugosidade é determinado em função do seu material de composição, podendo ser obtido através da literatura e tabelas, como a tabela 05.

Tabela (05): Coeficientes de rugosidade para canais artificiais.

Revestimento	Rugosidade		
	Minima	Usual	Maxima
Concreto pré-moldado	0,011	0,013	0,015
Concreto com acabamento	0,013	0,015	0,018
Concreto sem acabamento	0,014	0,017	0,020
Concreto projetado	0,018	0,020	0,022
Gabiões	0,022	0,030	0,035
Espécies vegetais	0,025	0,035	0,070
Aço	0,01	0,012	0,014
ferro fundido	0,011	0,014	0,016
Aço corrugado	0,019	0,022	0,028
Solo sem revestimento	0,016	0,023	0,028
Rocha sem revestimento	0,025	0,035	0,040

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Marcio Baptista e Marcia Lara, 2006, 2ª ed.

- Raio Hidráulico.

Relação entre área molhada e perímetro molhado.

$$Rh = \frac{\text{Área molhada (m}^2\text{)}}{\text{Perímetro molhado (m)}} \quad \text{Equação. (06)}$$

- Máxima eficiência hidráulica.

Segundo Tomaz (2011) as seções transversais que fornecem a máxima vazão Q é chamada de seção de melhor eficiência hidráulica. Esta que nem sempre é a mais econômica.

De acordo com Baptista e Lara (2006) nas condições de estabilidade das paredes e o fundo do canal, o problema do dimensionamento hidráulico dos canais reduz-se a otimização da seção transversal para transportar a vazão de projeto. Tendo em vista o custo de implantação, um critério básico de projeto corresponderia exatamente à minimização da área a ser revestida e do volume de escavação, que desempenham papel importante na composição dos custos do canal. Assim, busca-se a definição de seções transversais que apresentam rendimento máximo, ou seja, que para uma dada área, declividade e rugosidade, transportam a máxima vazão.

Para um canal retangular, a máxima eficiência é quando a largura é o dobro da altura ($b = 2y$).

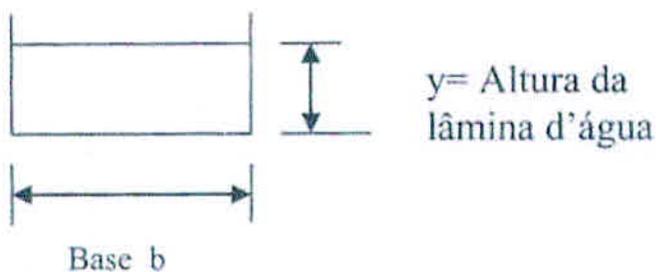
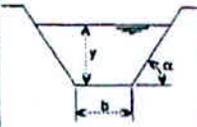
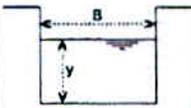
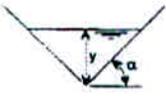
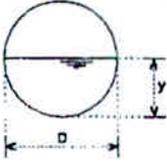


Figura 05: Máxima eficiência hidráulica seção retangular
 Fonte: Tomaz, Plínio – Cálculos hidrológicos e hidráulicos – 2011, 2. Ed

Tabela 06: Características das seções de máxima eficiência hidráulica.

Forma	Seção	Geometria Ótima	Profundidade Normal (y)	Área (A)
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y$	$0.968 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/4}$
Retangular		$B = 2y$	$0.917 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/4}$
Circular		$D = 2y$	$1.00 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{1/2} \right]^{3/4}$

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Marcio Baptista e Marcia Lara, 2006, 2ª ed.

- Velocidades máximas e mínimas.

Segundo Tomaz(2011), os limites de velocidade exige experiência do projetista na escolha mais adequada dos valores. Entretanto, para evitar que se depositem materiais é necessário levar em conta a velocidade mínima e máxima para evitar a erosão das paredes, vistos nas tabelas 07 e 08.

Tabela (07): Velocidade mínima em função da água conduzida ao canal.

Tipo de água a ser conduzida	Velocidade média mínima (m/s)
Água com suspensões finas	0,30
Águas carregando areias finas	0,45
Águas de esgoto	0,60
Águas pluviais	0,75

Fonte: Fernandez, Araújo e Ito, 1999

Tabela (08): Velocidade máxima em função do material do canal.

Tipo de seção do canal	Velocidade máxima (m/s)
Natural	0,5
Revestido com enrocamento	2,5
Revestido com concreto	3 a 4

Material da parede do canal	Velocidade máxima (m/s)
Canais arenosos	0,30
Saibro	0,40
Seixos	0,80
Materiais aglomerados consistentes	2,00
Alvenaria	2,50
Canais em rocha compacta	4,00
Canais de concreto	4,50

Fonte Fernandez, Araujo e Ito, 1999. (Tomaz, Plinio – Cálculos hidrológicos e hidráulicos – 2011, 2. Ed.).

Tomaz (2011) cita na literatura, que a velocidade mínima geralmente esta entre 0,60 m/s a 0,90 m/s, e velocidades acima de 12 m/s foram aceitas para canais de concreto que possuem baixa concentração de sedimentos.

3.4.2 Medidas Não Estruturais.

As medidas não estruturais representam possíveis soluções para a minimização dos efeitos das chuvas intensas nas áreas urbanas, são medidas que visam a melhora da convivência da população com as enchentes, incluindo a prevenção e previsão da mesma. As medidas não estruturais podem ser eficientes, com custos menores e com horizontes mais longos de eficiência.

As medidas não estruturais de controle de cheias urbanas mais conhecidas são:

- Plano diretor de drenagem urbana;
- Zoneamento de áreas inundáveis;
- Sistema alerta de previsão de enchentes;
- Educação ambiental;
- Seguro contra enchente.

a) Plano diretor de drenagem urbana:

Segundo Tucci (2005), o plano de águas pluviais é uma ferramenta de planejamento que possibilita a implantação de soluções eficazes e de baixo impacto. Trazendo a região benefícios duradouros.

Portanto, para que essa implantação seja feita, é necessário que o desenvolvimento do plano diretor se baseie em princípios como:

- Novos desenvolvimentos não poderão aumentar a vazão máxima à jusante;
- O planejamento deve ser realizado considerando a bacia como um todo;
- O horizonte de projeto deve ser integrado ao plano diretor da cidade;
- O controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

O plano diretor deve ser desenvolvido utilizando medidas não estruturais, principalmente a legislação para os novos desenvolvimentos como lotes e loteamentos, e medidas estruturais para sub-bacia urbana da cidade, onde são projetadas medidas para evitar os impactos já existentes para um horizonte de desenvolvimento econômico e para um risco de projeto. Além disso, um plano só é viável e eficaz quando é bem aceito pela população. Por isso, é recomendável. Que a comunidade participe da elaboração do mesmo, para que possam perceber seus benefícios e colaborar.

b) Zoneamento de áreas inundáveis.

De acordo com Tucci (2005), a calha menor e a várzea inundável dos rios devem ser regularmente dentro do zoneamento urbano para que seja proibido qualquer tipo de construção. Nessas regiões onde ocorrem as inundações eventuais poderão ser permitidas atividades de recreação, construção de parques e outros usos que não provoquem prejuízos ou riscos importantes, conservando-as para o uso da população e proteção contra habitações ilegais.

c) Sistema alerta de previsão de enchentes.

Para que esse tipo de sistema funcione, é necessário um monitoramento em tempo real da bacia urbana, e uma coleta contínua de dados hidrológicos.



Figura 06: Sistema de alerta de enchente.

Fonte: Adaptação de Chu, H. C. K. – Flood Prevention and Drainage Modeling in Hong Kong, Drainage Services Department, Hong Kong, 2005.

d) Educação ambiental.

A conscientização da sociedade sobre os efeitos negativos da impermeabilização do solo urbano, campanhas contra o acúmulo de lixos nos córregos, e alternativas para detenção de escoamento superficial, entre outras, representam esforços que irão produzir bons resultados a médio e longo prazo.

e) Seguro contra enchente.

Esta medida traz a população o ressarcimento contra prejuízos causados pelas inundações. Pode ser uma medida muito útil em locais onde a relocação seja inviável. Por outro lado a aparente segurança e a falta de memória das grandes cheias do passado pode estimular a população a ocupar essas áreas inundáveis, onde são construídas até mesmo casas de alto padrão que são dificilmente removidas. Sendo então esta uma alternativa a ser considerada.

4 MATERIAL E MÉTODO.

4.1 Classificações da pesquisa.

Três Pontas vêm enfrentando constantes problemas relacionados a inundações urbanas, direcionado para problemas com macrodrenagem. Então, foi determinado para área de estudo um trecho córrego Bambus que esta situado na Avenida Oswaldo Cruz, esta que é principal avenida que corta a cidade, representada na figura 06.

Á partir da determinação da área de estudo, foi feita a caracterização do tipo de canal, disposição, dimensionamento e verificação da condição que o mesmo se encontra atualmente.



Figura 06: Trecho do Córrego Bambus – Avenida Oswaldo Cruz, Três Pontas-MG
Fonte: Google Earth- adaptado pelo autor.

As consequências de um projeto de drenagem urbana mal elaborada, ou até mesmo a falta deste, são enormes. As chuvas intensas, a ocupação irregular do solo, os maus hábitos da população em relação ao destino do lixo. A enchente independente da causa costuma provocar doenças, causam prejuízos, atrapalham o transito, entre outras tantas consequências.

Os principais impactos sobre a população no município são: os prejuízos de materiais como a destruição parcial ou total de imóveis, veículos, móveis e utensílios domésticos; interrupção da atividade econômica em áreas inundadas, assim como horas

perdas em engarrafamento; interrupção de energia; contaminação por doenças, além de muita sujeira e lama. São o que mostra as figuras de 07 á 12, dias de caos os trespontanos.



Figura 07: Congestionamento do trânsito.
Fonte: Equipe Positiva.



Figura 08: Canal totalmente submerso.
Fonte: Equipe Positiva.



Figura 09: Inundação no córrego Bambus
Fonte: Equipe Positiva.



Figura 10: Danos materiais a população.
Fonte: Equipe Positiva.

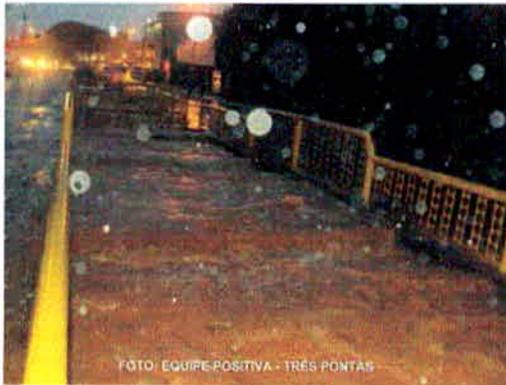


Figura 11: Córrego Bambus transbordando
Fonte: Equipe Positiva.



Figura 12: Danificação de móveis, eletrônicos, lama
Fonte: Equipe Positiva.

4.2 Coleta e interpretação dos dados.

Para a realização do trabalho, primeiramente foi feito um contato com a Prefeitura Municipal de Três Pontas em busca de um tema, um problema real pelo qual a cidade estivesse passando. Á partir da definição do tema foi iniciado a busca por registro históricos do município, assim como projetos e estudos da época em que o córrego Bambus foi canalizado. Porém, por ser uma construção muito antiga, por volta de 1937, com o passar dos anos esses projetos e estudos se perderam em meio a reformas da prefeitura, mudanças, entre outros, sendo utilizados então para o trabalho os conhecimentos dos profissionais da secretaria de obras e infraestrutura da prefeitura de Três Pontas.

Para o presente estudo também houve a coleta de dados pluviométricos informados através dos registros cedidos pelo departamento de assistência técnica da Cocatrel (Cooperativa dos cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.), e a determinação da declividade do trecho do córrego Bambus através do mapa topográfico (anexo A) realizado pela empresa Nortear topografia e projetos Ltda.

Á partir dos dados coletados, pesquisas, revisão bibliográfica, livros, artigos, estudo das legislações existentes no país serão propostas medidas estruturais e não estruturais que se encaixem a situação que o município se encontra.

4.3 O município de Três Pontas.

Três Pontas é um município brasileiro localizado na região sul de Minas Gerais. É uma cidade que vem crescendo rapidamente, principalmente na área urbana, com praticamente todas as ruas da zona urbana asfaltada e serviços de água e esgoto para quase toda população. O crescimento populacional e a urbanização gerou um aumento significativo de áreas impermeabilizadas, que agravando a ocorrência de enchentes no município.

Com uma área de aproximadamente 689 quilômetros quadrados, o município possui cerca de cinquenta e quatro mil habitantes, distribuídos em 65 bairros, sendo que na zona urbana residem aproximadamente quatro quintos desse total. A MG-167 é a única rodovia que dá acesso ao município.



Figura 13: Localização de Três Pontas em Minas Gerais
Fonte: Google Maps.

O município não possui relevo muito acidentado, com altitude média em torno de novecentos metros em relação ao nível do mar. Os ribeirões das Araras e da Espera são os principais cursos d'água que cortam o município, desaguando ambos na Represa de Furnas. Três Pontas está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande possui uma expressiva área com aproximadamente 143.437,79 km², cerca de 393 municípios possuem área na Bacia e

população que chega a 7,8 milhões de habitantes. Configurando-se como extensa Bacia de divisa de dois importantes Estados brasileiros: Minas Gerais, a norte, e São Paulo, a sul. Ela se divide em 14 unidades de gestão, sendo 6 localizadas no Estado de São Paulo, denominadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), e 8 no Estado de Minas Gerais, denominadas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) sob a sigla específica GD , onde a nossa região se localiza no GD 4, representado na figura 14

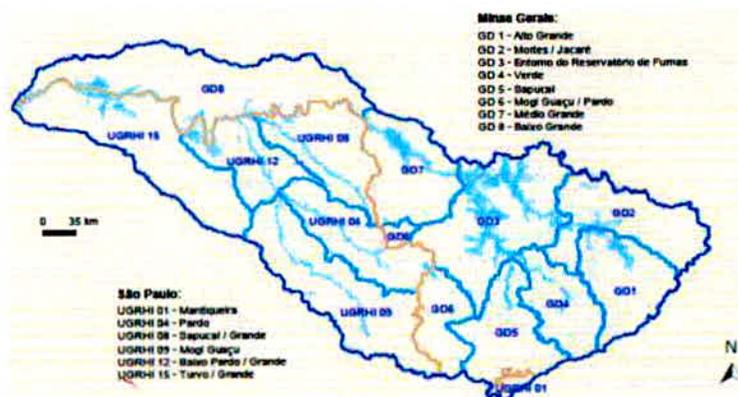


Figura 14: Unidades de gestão da bacia hidrográfica do Rio Grande.

Fonte: Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) – SP/MG (Relatório Síntese – R3), 2008.

A partir dos dados coletados dos registros pluviométricos da Cocatrel (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas Ltda.) como mostra a tabela 09, podem destacar alguns eventos de inundações que ocorreram na Avenida Oswaldo Cruz, ocasionando na inundações do trecho do córrego Bambus em estudo e marcaram a população.

No dia 18 de Janeiro de 2012, uma quarta-feira choveu cerca de 70 mm ao fim da tarde, por um curto período de tempo, que foi o suficiente para que a água transbordasse do córrego invadindo as casas e estabelecimentos ao seu redor, gerando transtornos trânsito e deixou a área isolada. No dia 28 de Novembro de 2012, durante um sábado a noite, mais uma ocorrência de precipitação forte e de pouca duração causou transtorno em vários pontos da cidade, além dos pontos de alagamentos houve chuva de granizo, derrubamento de árvores devido as fortes rajadas de vento, falta energia elétrica, e mais uma vez inundações no córrego Bambus.

Tabela (09): Precipitação em Três Pontas- MG

Dados pluviométricos de Três Pontas – MG						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Janeiro	386	252,5	326	321	529	30,6
Fevereiro	262,5	96,5	146	76,5	197,4	48
Março	237,5	108	273	110	159	101
Abril	109,5	20	49,5	85	32,4	141,4
Mai	32,5	20,5	2,5	56	70,6	-
Junho	58,5	12	41	151	23,6	-
Julho	35	15	12	16	12,2	-
Agosto	35	0	0	0	2,8	-
Setembro	177	67,5	0	53,5	70,2	-
Outubro	143,5	68	171	68	95	-
Novembro	75	255	135	217	156	-
Dezembro	517	173,5	542	152,5	210,8	-

Fonte: Depto. de Assistência Técnica Cocatrel.

4.4 Caracterização do córrego Bambus.

O córrego dos Bambus nasce no lago existente no Parque Vale do Sol e percorre a Avenida Oswaldo Cruz por um trecho de aproximadamente 3,61 km, como mostra a figura 15. Chegando ao seu fim no cruzamento com a Rua Boa Esperança onde desagua no Ribeirão das Araras.



Figura 15: Demarcação do Córrego Bambus e Ribeirão Araras

Fonte: Google Earth adaptado pelo autor

A área de estudo deste trabalho, tem como foco o trecho que fica entre o cruzamento da Avenida Oswaldo Cruz com a Avenida Ipiranga e o cruzamento da Avenida Oswaldo Cruz com a Rua Boa Esperança, e percorre uma distancia de 0,568 km, e canal com seção de 2,65m x 2,00 m medidas in loco. O trecho recebe uma grande quantidade de aguas pluviais, oriundas da bacia de contribuição de escoamento superficial de aproximadamente 1,66 km², esta que se apresenta no grau dois de urbanização, com área densamente urbanizada e áreas residenciais, Alcântara (1962).A figura 16 representa a área da bacia hidrográfica.



Figura 16: Área de drenagem – Trecho córrego Bambus
Fonte: Google Earth- adaptado pelo autor.

O maior problema no local é o extravasamento da agua no canal do córrego Bambus, inundando as residências e comércios ao seu redor. Segundo profissionais da secretaria de obras e infraestrutura do município os sistemas de drenagem urbana, assim como a canalização do córrego Bambus foram construídos por volta de 1937, portanto, é um sistema antigo e que foi projetado e dimensionado visando um determinado numero de habitantes. Não estimando a previsão do crescimento constante e rápido da população e urbanização da cidade, como podemos ver nas figuras 17 e 18.

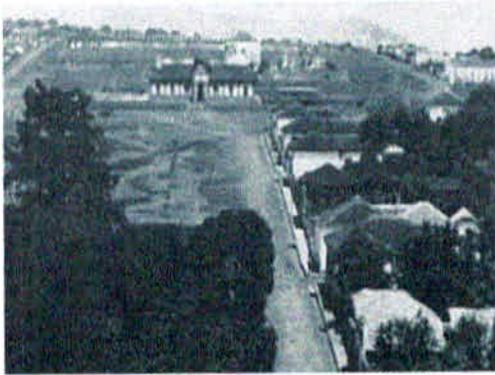


Figura 17: Três Pontas, em 1937.
Fonte: Prefeitura Municipal de Três Pontas.

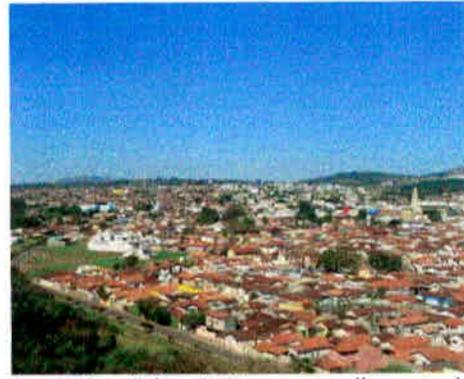


Figura18: Três Pontas nos dias atuais
Fonte: Prefeitura Municipal de Três Pontas.

O crescimento não esperado populacional e de áreas urbanizadas, gerou consequentemente solos impermeabilizados, aumentando então o índice de escoamento superficial de águas pluviais da bacia para o canal.

A falta de manutenção e limpeza por parte dos órgãos públicos, conscientização da população que ainda jogam lixo no canal como podemos ver na figura 19, sistema de microdrenagem na bacia também deficientes e sem manutenção conforme figuras 20 e 21, são fatores que prejudicam a capacidade de vazão do canal. Sendo então, o conjunto desses fatores os reais motivos pelo sistema de macrodrenagem falho no trecho.



Figura 19: Lixo no córrego Bambus
Fonte: o autor.



Figura 20: Tubulação entupida.
Fonte: o autor.



Figura 21: Bueiros e tubos com passagens obstruídas.
Fonte: o autor.



Figura 22: Alagamento do canal.
Fonte: o autor.

4.5 Parâmetros hidráulicos.

Devido as ocorrências de inundações no trecho do córrego Bambus, é necessário verificar a situação do local de estudo atualmente e verificar as condições de escoamento do canal.

4.5.1 Cálculos da vazão que escoo da bacia para o canal do córrego Bambus.

A partir do método racional, utilizado para cálculo de áreas inferiores a 03 km², podemos calcular a vazão que escoo para o trecho do córrego Bambus, a partir de uma determinada intensidade de chuva.

De acordo com o mapa do Anexo C, o canal possui uma área de drenagem de aproximadamente 1,66 km² = 166 hectares. Para a macrodrenagem estima-se um tempo de retorno entre 50 e 100 anos, por este ser um canal pequeno será adotado um tempo de retorno (Tr) mínimo para a macrodrenagem igual a 50 anos.

Para a cidade de Três Pontas, temos:

- Tempo de concentração (tc):

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} = t_c = 57 \left(\frac{0,568^3}{1,189} \right)^{0,385} \cong 27 \text{ min}$$

- Intensidade da chuva (I) para um período de retorno (Tr) igual há 50 anos.

Tabela 10: Cálculo de intensidade da chuva.

$i = \frac{K T^a}{(t+b)^c}$		K	a	b	c		
CBMM		5.690,4610	0,2	32,626	1,08		
Duração da Chuva (t)		TR - anos					
HORAS	MINUTOS	5	10	15	25	50	100
0,08	5,00	156,10	179,32	194,46	215,38	247,41	284,20
0,10	6,00	151,74	174,31	189,03	209,37	240,50	276,26
0,12	7,00	147,61	169,56	183,89	203,67	233,95	268,74

0,13	8,00	143,69	165,06	179,00	198,26	227,74	261,60
0,15	9,00	139,97	160,78	174,36	193,12	221,83	254,82
0,17	10,00	136,42	156,71	169,95	188,23	216,22	248,37
0,18	11,00	133,05	152,83	165,75	183,57	210,87	242,23
0,20	12,00	129,83	149,14	161,74	179,14	205,77	236,37
0,22	13,00	126,76	145,61	157,91	174,90	200,91	230,78
0,23	14,00	123,83	142,24	154,26	170,85	196,26	225,44
0,25	15,00	121,02	139,02	150,76	166,98	191,81	220,33
0,27	16,00	118,34	135,93	147,42	163,27	187,55	215,44
0,28	17,00	115,76	132,98	144,21	159,72	183,47	210,76
0,30	18,00	113,30	130,14	141,14	156,32	179,56	206,26
0,32	19,00	110,93	127,42	138,19	153,05	175,81	201,95
0,33	20,00	108,65	124,81	135,35	149,91	172,20	197,81
0,35	21,00	106,47	122,30	132,63	146,90	168,74	193,83
0,37	22,00	104,36	119,88	130,01	143,994	165,406	190,001
0,38	23,00	102,3391	117,557	127,49	141,20	162,20	186,31
0,40	24,00	100,3886	115,316	125,06	138,51	159,11	182,76
0,42	25,00	98,50845	113,156	122,72	135,92	156,13	179,34
0,43	26,00	96,69499	111,073	120,46	133,41	153,25	176,04
0,45	27,00	94,94474	109,063	118,28	131,00	150,48	172,85

$I = 150,48$

- Coeficiente de escoamento superficial (C).

$$C = 0,05 + 0,009 \times A_i$$

$$C = 0,05 + 0,009 \times 70\%$$

$$C = 0,68$$

- Determinação da vazão pelo método racional.

$$I = 150,48$$

$$C = 0,68$$

$$A = 166\text{ha}$$

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} = \frac{0,68 \times 150,48 \times 166}{360} = 47,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Portanto, a área de drenagem do córrego Bambus, escoará uma vazão de 47,18 m³/s, para um tempo de retorno igual a 50 anos.

4.5.2 Cálculos da vazão da seção do canal atualmente.

O Canal do trecho em estudo do córrego Bambus possui seção de 2,65m x 2,00 m, estas medidas foram retiradas em campo e de acordo com profissionais da secretaria de obras de Três Pontas o mesmo encontra-se assoreado. O canal possui uma extensão de 567,89 m ou 0,568 km. A declividade foi obtida através de um estudo topográfico do canal (Anexo A) feita em campo, $i = 1,189 \% = 0,01189$.

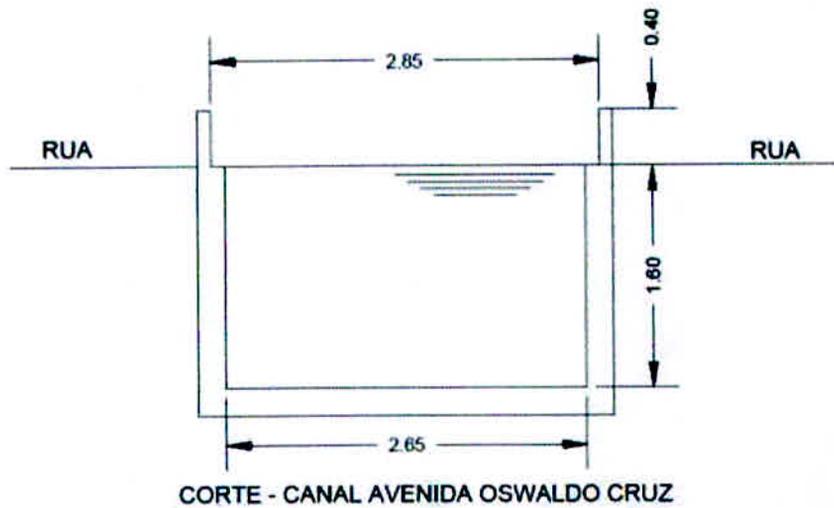


Figura 23 – Corte da seção do canal do Córrego Bambus

- Declividade:

$$I = 0,01189 \text{ m/m}$$

- Raio Hidráulico:

$$Rh = \frac{A_m}{P_m} = \frac{b \cdot y}{b + 2y} = \frac{2,65 \cdot 2,00}{2,65 + 2 \cdot 2,00} = 0,79$$

- Vazão:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = Q = \left(\frac{1}{0,013}\right) \cdot 5,30 \cdot 0,79^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01189^{\frac{1}{2}} = 37,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Velocidade:

$$Q = A \times V \Rightarrow V = Q/A = 38,23/5,30 \text{ m}^2 = 7,16 \text{ m/s}$$

De acordo com os cálculos para determinação da vazão da bacia que escoo para o canal do córrego, e da vazão que a seção do canal suporta, nota-se que a ocorrência de enchentes no local existe, pois, a partir de uma chuva com maior intensidade a vazão que escoo para o canal do córrego Bambus ultrapassa a vazão que o trecho suporta, levando o canal a um regime de escoamento supercrítico, ou seja, é quando a canal possui pequena profundidade e seção, e grande velocidade.

Com a grande deficiência nos sistemas de microdrenagem, que estão quase sempre entupidos, as enxurradas acabam levando muito lixo que a população joga nas ruas, sujeira, terra, areia para o fundo do canal, e também há a ocorrência de lançamento de esgoto sanitário no mesmo, tudo isso com o passar dos anos vão sedimentando no fundo do canal, diminuído então a sua altura e seção, e deixando o canal mais propicio a inundações com chuvas intensas.

4.5.3 A seção do canal em meados de 1937.

De acordo com a secretaria de obras do município de Três Pontas, o canal do presente estudo, possuía uma seção inicial quando foi construído de 2,65m x 2,65m. Desde sua canalização por volta de 1937, constata-se então que o fundo do canal esta a 0,65 m acima do nível do lençol inicial (informação verbal)¹.

A partir desses parâmetros, é possível propor medidas estruturais e não estruturais para a amenização deste problema.

4.5.4 Medidas Estruturais

4.5.4.1 Desassoreamento do trecho do canal do Córrego Bambus.

Todo curso d'água geralmente apresenta um equilíbrio em relação ao transporte de sedimento, seja por arrasto e saltitação junto ao leito, seja em suspensão na corrente, e existe uma tendência natural para que este seja depositado quando o fluxo natural de sedimentos ao encontrar água com menor velocidade (alteração do fluxo) começa a se depositar, conforme a maior ou menor granulação das partículas e a menor ou maior turbulência do escoamento. (GLYMPH. 1973; CARVALHO. 2000).

De acordo com Brune e Allen (1941) os principais fatores que influenciam a deposição dos sedimentos são:

- a quantidade de sedimentos que adentra no reservatório/canal;
- a capacidade de retenção do reservatório/canal;
- a quantidade de sedimentos acumulados nos mesmos;
- o modo de operação do reservatório/canal.

À medida que a deposição de sedimentos aumenta, a capacidade de armazenamento do canal diminui, as velocidades na calha aumentam e maior quantidade de sedimentos passa a escoar para jusante diminuindo a eficiência de retenção das partículas, (MORRIS & FAN. 1997; TARELA & MENÉNDEZ, 1999; CARVALHO, 2000).

De acordo com os cálculos, podemos definir que, durante 77 anos de existência do canal houve uma perda de seção $y = 0,65$ m. Ou seja, uma perda de 24,52% de profundidade durante toda sua existência, que se contabiliza em um aumento de aproximadamente 0,0084 m por ano.

Portanto, a proposta para solucionar esse problema será manter o nível do leito inicial, a partir da pratica do desassoreamento do fundo do canal.

- Declividade:

$$I = 0,01189 \text{ m/m}$$

- Raio Hidráulico:

$$Rh = \frac{A_m}{P_m} = \frac{b \cdot y}{b + 2y} = \frac{2,65 \cdot 2,65}{2,65 + 2 \cdot 2,65} = 0,88$$

- Vazão:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = Q = \left(\frac{1}{0,013}\right) \cdot 7,0225 \cdot 0,88^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01189^{\frac{1}{2}} = 54,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Velocidade:

$$Q = A \times V \Rightarrow V = Q/A = 54,25 / 7,318 \text{ m}^2 = 7,41 \text{ m/s}$$

Se para a seção 2,65 m x 2,00 ocorre uma movimentação de terra igual a 3010,40 m³, para a seção de 2,65 m x 2,65 m ocorre uma movimentação igual 3988,78 m³. Subtraindo chega ao volume de 978,38 m³, este que será o volume que deverá ser desassoreado do fundo do canal, com o intuito de manter o nível real leito do trecho, e com o aumento da capacidade de vazão amenizar as inundações que ocorrem no local.

De acordo com SHEN & LAI (1996) o processo de assoreamento pode ser controlado e reduzido através de três medidas:

- Redução da quantidade final de sedimentos que entra no canal por meio do controle da erosão da bacia e da retenção de sedimentos;
- Remoção dos sedimentos por meios mecânicos, como dragagem, que é a limpeza do fundo do canal por meio de escavadeiras, e;
- Passagem do escoamento carregado de sedimentos através do reservatório e posterior liberação por descarga de fundo localizada na barragem.

4.5.5 Medidas não estruturais.

As principais medidas de controle não estruturais estão localizadas no lote, estacionamento, parques e passeios são denominados, normalmente, de controle na fonte. As principais medidas são as seguintes:

- O aumento de áreas de infiltração e percolação;
- Armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados

a) Pavimentos permeáveis.

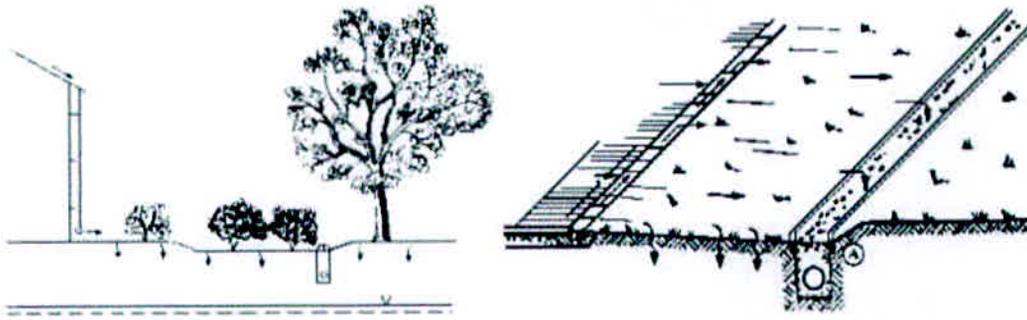
Os pavimentos permeáveis reduzem o deflúvio superficial direto, infiltração, a recarga do lençol freático e podem sair mais barato que o asfalto ou concreto. Podem ser feitos de cascalho, paralelepípedo, concreto ou asfalto poroso, e blocos vazados.



Figuras 24: Solos permeáveis.
Fonte: Tucci, Manejo de águas pluviais.

b) Planos e valos de Infiltração.

Os planos e valos de infiltração permitem a infiltração de parte da água para o subsolo, portanto retardam o deflúvio superficial direto e é esteticamente agradável.



Figuras 25: Planos e valos de infiltração
Fonte: Tucci, Manejo de águas pluviais.

c) Armazenamento.

O armazenamento em reservatórios residenciais, retardam o deflúvio superficial direto utilizando pequenas áreas, tem efeito de isolamento térmico em edifício, e a água recolhida pode ser reutilizada em processos industriais, refrigeração, irrigação, contra incêndios, etc.

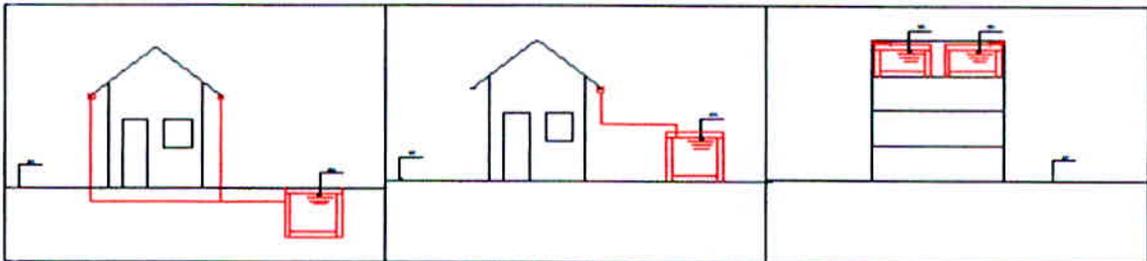


Figura 26: Armazenamento de água
Fonte: Auto cad- autor.

Essas medidas, elas ajudam a melhorar consideravelmente a taxa de infiltração no solo, podendo levar a um coeficiente de escoamento adotado igual a 0,60, pelo fato de já ter praças e áreas verdes, essas medidas tendem somente a melhorar. Podemos ver essa redução de escoamento superficial nitidamente a partir da equação do método racional, onde para um (tc) = 27 min e Tr = a 50 anos , área = 166 há , C = 0,60 :

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} = \frac{0,60 \times 150,48 \times 166}{360} = 41,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

d) Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Além destas medidas, o município deve manter Plano Diretor de Drenagem Urbana, buscando sempre o planejamento de distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais; controle da ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Devido à interferência que a ocupação do solo tem sobre a drenagem existem elementos do Plano de Drenagem que são introduzidas no Plano Diretor Urbano ou na legislação de ocupação do solo. Portanto, o Plano de Drenagem urbana (PDU) deve ser um componente do Plano Diretor de Planejamento Urbano de uma cidade.

Então, as medidas de controle de enchentes para a macrodrenagem é reservar espaço urbano para parques laterais ou lineares nos rios que formam a macrodrenagem para amortecimento das enchentes e retenção dos sedimentos e lixo; a partir da elaboração a nível de anteprojeto o controle do escoamento na macrodrenagem das sub-bacias, priorizando medidas de retenção e/ou medidas não-estruturais.

e) Manual de Drenagem

Também, como uma medida não estrutural, é proposto para o município que ele tenha o seu manual de drenagem. Este que tem como objetivo de orientar os projetistas sobre as restrições e métodos aceitos no dimensionamento da cidade.

Esse manual, ele envolverá os conceitos do Plano diretor, que são o controle distribuído na bacia hidrográfica, sem transferência para jusante, a previsão dos cenários futuros e seus impactos; a regulamentação por distritos de drenagem; e os critérios de projeto, onde, o manual deve procurar orientar sobre as alternativas potenciais disponíveis sobre o controle da vazão e os principais cuidados, não sendo necessário especificar como devem ser elaborados os cálculos, mas deve especificar os critérios e os métodos básicos aceitos para a avaliação da regulamentação.

5 RESULTADOS.

De acordo com presente trabalho, vimos a real situação do trecho do córrego Bambus, a partir de cálculos, foi comprovado que essa inundação existe. A cada ano que passa, os problemas de desmatamento, efeito estufa, só aumentam e com eles vem as grandes secas ou tempestades com intensidades elevadas, que leva a ocorrência de alagamentos áreas despreparadas ou pela falha no sistema de drenagem.

Com o passar das décadas, o fundo canal em estudo foi sedimentando, a partir do lançamento de lixos, areias finas, terras, pequenas granulações, lançamento de esgoto, lodo, estas que vão para o canal pelas enxurradas, pelos sistemas de microdrenagem deficientes, ou até jogados pela população, e com o tempo foi aumento e consequentemente diminuiu a seção do canal, elevando consideravelmente a sua velocidade. O que justifica atualmente, as inundações no local com precipitações de baixa durabilidade e intensidade forte.

A partir da junção das propostas estrutural e não estrutural, onde a estrutural seria manter sempre o nível do leito inicial, ou seja, desassorear, limpar o fundo do canal, e manter sua seção original, esta que foi dimensionada para suportar a vazão do canal, aumentando então sua capacidade de vazão; e as não estruturais é manter áreas de preservação, adaptar a solos permeáveis, armazenamento de água da chuva em áreas residenciais e edifícios para a reutilização da mesma, planos e valos de infiltração nos lotes e nos passeios, estes que reduzem consideravelmente a taxa do coeficiente de infiltração diminuindo então o escoamento superficial da área de drenagem da bacia.

Portanto, com o aumento da seção do canal e a diminuição do escoamento superficial da área de drenagem da bacia, dão um fim, ou pelo menos uma amenização grandiosa do problema do córrego Bambus.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram mencionados nesse trabalho, a dificuldade que o país sofre atualmente com a falta e precariedade de serviços relacionados a sistemas de drenagem que se agravou pela rápida urbanização das cidades, que acarretam em maiores áreas de impermeabilização e impedem que a água infiltre e escoe. E também, medidas a serem adotadas para a solução desses problemas.

Podemos ver que o município de Três Pontas esta entre essa classe que sofre nos períodos de precipitações intensas, tendo que ficar alertas nesses períodos por causa das inundações no trecho. Na área de estudo, a propostas não estruturais como a utilização de pavimentos permeáveis, que permite que a água que escoaria para a calha, infiltre, a utilização de armazenamento da água da chuva que também escoaria para a calha seja reaproveitada, entre outros, diminui esse risco de enchentes urbanas. Assim com, o desassoreamento do fundo canal, para que seja mantido sempre no nível inicial do leito, mantendo sua capacidade de vazão aproveitada em 100%, e não vindo a transbordar como vem acontecendo a anos.

Com a situação atual da drenagem urbana no Brasil, nota-se a dificuldade em conviver com as inundações, e que é preciso o planejamento para tentar resolver esses problemas. Diversas medidas, estruturais e não estruturais, são necessárias para que possam ser solucionados. E além dessas medidas, é necessário que possamos contar com a participação de profissionais, políticos e toda a população, para que se possa atingir um controle moderno e sustentável sobre a drenagem urbana, de forma a minimizar os riscos e prejuízos aos quais a sociedade está sujeita, possibilitando o desenvolvimento urbano da forma mais harmônica.

7 BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, R; SANTOS, M. **Álise dos problemas de drenagem urbana nos bairros Vila Operária e Aeroporto, Teresina/2009**. In: Congresso do Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Teresina Piauí.

BIDONE, F; TUCCI, C.E.M., 1995 *Microdrenagem*, in: **Drenagem Urbana**, capítulo 3, Editora da Universidade ABRH.

BLOG EQUIPE POSITIVA, disponível em <
<http://equipepositiva.blogspot.com.br/2012/01/chuva-em-tres-pontas-provoca.html>>
acessado em 15 de Outubro de 2014.

BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS. **Aguas de chuva – Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3º edição, 2011.

BRUNE,G.M; ALLEN,R.E. **A consideration of factor influencing reservoir sedimentation**. IN: The Ohio Valley Region. American Geophysical Union. V2. 1941.

CANHOLI, ALUISIO PARDO. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

CANHOLI, ALUISIO PARDO. **Soluções estruturais não convencionais em drenagem urbana**. São Paulo; 1995. [Tese de doutorado- Escola Politécnica da USP].

CHOW, V.T. **Open- Chanel Flow**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.

DAEE/CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1980.

FRENDRICH, J. A.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e controle de erosão urbana**. Curitiba: Champagnat, 486 p., 1997.

GLYMPH.L.M. **Sedimentation of Reservoirs**. IN; ACKERMANN.W.C et al , ed. Man – made lakes: their problems and enviromental. Washington DC. American Geophysical Union 342-348p. 1973.

GRIBBIN, JOHN B. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Aguas Pluviais**. 3º edição, 2012.

MORRIS, G. L; FAN, J. **Reservoir sedimentation handbook**. Mcgraw-HILL. New York. 365p. 1997.

PHILIPPI, ARLINDO JR.; BARROS, MARIO T.L. **Saneamento, Saúde e Ambiente – Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Ed. 842 p., 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. Disponível em: <http://www.trespontas.mg.gov.br/mat_vis.aspx?cd=6497> acesso 28/05/2014

PORTO, R.L.L. Escoamento superficial, in Tucci; Porto R.L.L e Barros M; T. Tucci, C.E.M. **Drenagem urbana**. ABRH, 1995.

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 96.581-205, **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) – SP/MG**, CETAE e LABGEO, Março 2008.

SAAE – Serviço autônomo de água e esgoto. Disponível em <<http://www.saaetpo.mg.gov.br/>> acessado em 28/05/2014

TOMAZ , PLINIO. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para obras municipais**. 2.ed., 2011.

TUCCI, C.E.M.; **Água no meio urbano**, Capítulo 14 do Livro Água Doce; Dezembro de 1997.

TUCCI, CARLOS E.M.; MARQUES, DAVID M.L DA MOTTA(Org). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Ed. Universidade/URFGS, 2000. 558p. Porto Alegre.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

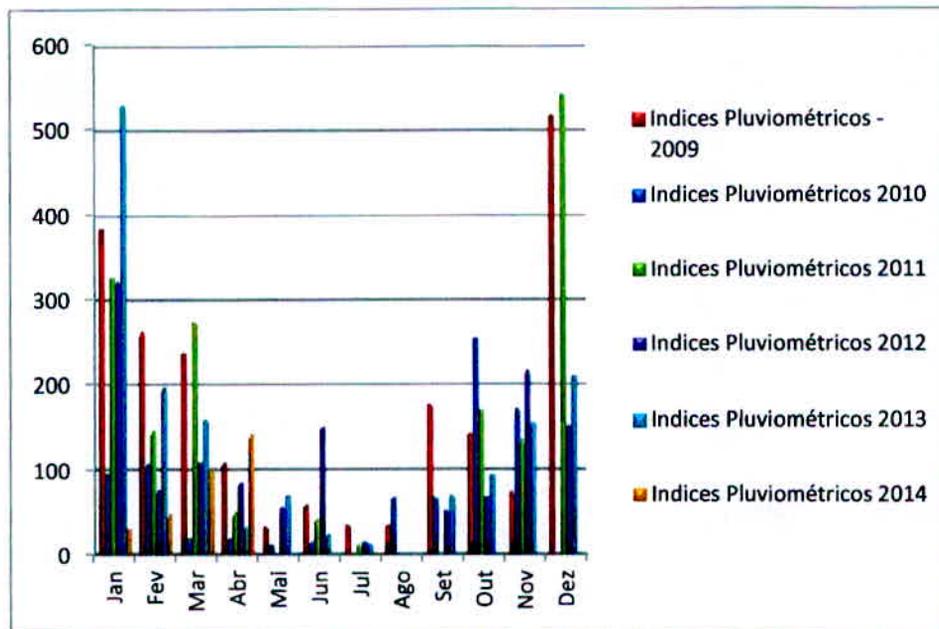
TUCCI et al (2004) **Hidrologia Ciência e Aplicação** apud Tucci <http://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2013/10/TCC-HENRIQUE-HANSMANN1.pdf> acessado em 21 de /05/2014

TUCCI, Carlos E.M., et al, **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS. 3º edição, Porto Alegre, 2004

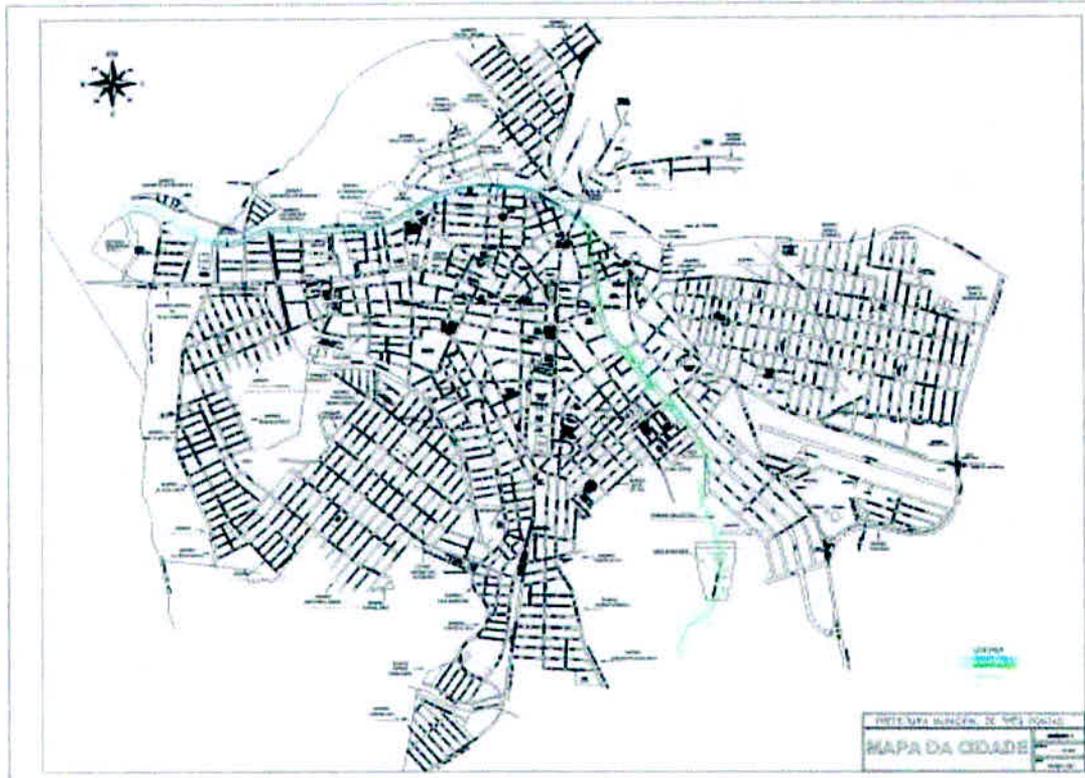
8 ANEXOS

ANEXO A – Estudo topográfico do trecho do córrego Bambus.

ANEXO B – Comparativos do Índice Pluviométricos dos últimos 6 anos para a cidade de Três pontas.



ANEXO C - Mapa da cidade de Três Pontas, marcação do córrego Bambus e Ribeirão Araras, atualizado em 2007.



Mapa da cidade de Três Pontas, marcação do córrego Bambus e Ribeirão Araras, atualizado em 2007.
Fonte: ASSENART- Associação dos engenheiros e arquitetos da região de Três Pontas.

ANEXO D – Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para os municípios do Lago de Furnas (ALAGO) e da região Oeste de Minas.

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. Candeias	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. Côrrego 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. Ilícinea	20°56'	45°49'	857	2126,349	17,075	0,169	0,917
29. Itapeverica	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