

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARTE II

WALESKA MIRANDA COGO

**INUNDAÇÕES URBANAS: Estudo de Caso para o Sistema de Macrodrenagem do
Córrego Bambus – Três Pontas**

Varginha

2016

WALESKA MIRANDA COGO

**INUNDAÇÕES URBANAS: Estudo de Caso para o Sistema de Macrodrenagem do
Córrego Bambus – Três Pontas**

Trabalho de conclusão de curso de graduação parte II
apresentado no Centro Universitário do Sul de Minas –
UNIS MG como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de habilitação: Macrodrenagem

Orientador (a): Ivana Prado Vasconcelos

Varginha

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Inserir aqui a ficha gerada a partir do Sistema de Geração Automática de Fichas
Catalográficas.

WALESKA MIRANDA COGO

**INUNDAÇÕES URBANAS: Estudo de Caso para o Sistema de Macrodrenagem do
Córrego Bambus – Três Pontas**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 29 de novembro de 2016.

Prof. Ivana Prado Vasconcelos – Centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior – Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS

Eng. Rafaela Maiolini – Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS

Dedico este trabalho para a minha cidade natal,
como forma de contribuição para melhoria da
qualidade de vida dos moradores locais.

Agradeço aos grandes amigos e companheiro pelo apoio incondicional. Aos meus pais pela luta e determinação para a minha formação, além do apoio e ajuda dos mesmos. E aos mestres e profissionais que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial a Professora e Orientadora Ivana Prado Vasconcelos.

“Only those who will risk going too far can possibly find out how far one can go. “

T. S. Eliot

RESUMO

Em certos trechos da canalização do córrego Bambus, localizado no município de Três Pontas, no sul de Minas Gerais apresenta ao longo dos anos grande incidência de inundações em sua extensão. Desse modo, foi realizado um estudo detalhado de trecho a trecho desse sistema de drenagem para verificar fatores que ocasionavam as enchentes nesses locais. Para isso foi utilizado o método racional para a determinação da vazão pluvial, em que foi feito o levantamento da bacia de contribuição e adotado o período de retorno adequado de acordo com as condições locais. Assim pode-se comparar a vazão pluvial com a capacidade hidráulica do canal. Com essa análise foi possível verificar que a vazão que a canalização comporta é consideravelmente menor do que a vazão pluvial para o período de retorno adotado para todos os trechos analisados. Assim, foi elaborado um projeto, a partir de soluções viáveis, com todas as características hidráulicas e especificações técnica definidas e apresentadas através de um memorial descritivo do projeto elaborado.

Palavras chave: Drenagem Urbana; Macro drenagem; Controle de Enchentes;

ABSTRACT

In some parts of channeling of Bambus creek, located in Tres Pontas county, in southern of Minas Gerais state presents over the years wide incidence of flooding in your extension. Therefore, it was conduct a detailed study of each excerpt of this drainage system for verify the factors which cause those floods on that locals. For this it was used the rational method for determine de rain flow. Whence was made a contribution area survey and further it was adopted the return period according with local conditions. Thus, could be compared the rain flow with the channel hydraulic capacity. With this analysis it was possible do verify that the channel flow comprise is considerably smaller than the rain flow for the return period adopted for all analyzed excerpts. Therefore, it was design a project onwards viable solutions with all hydraulics characteristics a technical specifications defined and presented by descriptive memorial of design project.

Key words: Urban Drainage, Macrodrainage, Flood Control

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 DIAGNÓSTICO.....	17
3.1 Diagnóstico dos Fatores que ocasionam as Inundações	17
4 MEMORIAL DESCRITIVO.....	20
4.1 Apresentação	20
4.2 Metodologia	20
4.3 Caracterização do Local.....	21
4.4 Caracterização da Bacia de Contribuição	23
4.4.1 Sub-bacias	23
4.5 Levantamento Topográfico	24
4.6 Análise do Período de Retorno Adequado.....	26
4.7 Parâmetros de Projeto para Análise Hidrológica	26
4.7.1 Medidas de Vazões	27
4.7.2 Tempo de Recorrência ou Período de Retorno	27
4.7.3 Tempo de Concentração	28
4.7.4 Coeficiente de escoamento Superficial ou Run Off.....	28
4.7.5 Intensidade de Chuva de Projeto.....	30
4.8 Análise Hidráulica	30
4.8.1 Declividade	30
4.8.2 Fórmula de Manning.....	31
4.8.3 Elementos Geométricos de Canais.....	32
4.8.4 Velocidade	32
4.8.5 Vazão	33
4.8.6 Máxima Eficiência Hidráulica	34
4.8.7 Degrau Vertical.....	35
5 MEMORIAL DE CÁLCULO.....	38
5.1 Cálculos Hidrológicos	38
5.1.1 Tempo de Concentração	38
5.1.2 Intensidade Média da Chuva.....	39
5.1.3 Coeficiente de Run off.....	39
5.1.4 Vazão Pluvial.....	40
5.2 Cálculos Hidráulicos.....	40
5.2.1 Raio Hidráulico	40
5.2.2 Verificação da Velocidade.....	41
5.2.3 Capacidade Hidráulica do Canal.....	41
5.3 Verificação Hidrológica e Hidráulica para o Sistema Existente	42
5.4 Análise dos Resultados Encontrados.....	44

6 ESPECIFICACAOES DE MATERIAIS E SERVICOS	55
6.1 Descrição dos Serviços Executados	55
6.2 Serviços Preliminares	56
6.3 Demolições	56
6.4 Desassoreamento e Limpeza da Área com Bota Fora	56
6.5 Movimentação de Terra	57
6.6 Estruturas de Gabião.....	57
6.7 Estruturas de Concreto	57
6.8 Revestimento das paredes laterais.....	58
6.9 Recomposição do fundo do canal	58
6.10 Dreno Lateral	58
7 QUANTITATIVOS E ESTIMATIVAS DE CUSTO	59
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trechos onde ocorrem erosão	17
Figura 2 - Lixos e detritos no canal alterando a condição de regime	17
Figura 3 - Erosão no fundo do canal.....	18
Figura 4 - Seções variadas do canal.....	18
Figura 5 - Evidenciação do obstáculo gerado pelas vigas	19
Figura 6 - Mudança de seção para entorno fechada e desembocadura do Córrego Bambus no Ribeirão Araras	19
Figura 7 - Trecho analisado	20
Figura 8 - Caracterização do Córrego Bambus.....	21
Figura 9 - escoamento superficial em toda via.....	22
Figura 10 - Comportamento do conduto livre quando sujeito à altas precipitações.....	22
Figura 11 - Delimitação da bacia.....	23
Figura 12 - Divisão das Sub-bacias	24
Figura 13 - Levantamento Topográfico utilizando a Estação Total	25
Figura 14 - Perfil longitudinal do canal.....	25
Figura 15 - Coeficiente de Manning para Estruturas em Gabião.....	32
Figura 16 - Fórmulas de área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico.....	32
Figura 17 - Ábaco para Determinação de Q/Q_{plena} ; V/V_{plena}	34
Figura 18 - Esquema do degrau	35
Figura 19 - Trecho a Jusante conduto a céu aberto logo no início da canalização do córrego	46
Figura 20 - Trecho a Jusante em conduto de entorno fechado servindo como passarelas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Período de Retorno	27
Tabela 2 - Valores para Coeficiente de escoamento Superficial.....	29
Tabela 3 - Valores para Coeficiente de Run off	29
Tabela 4 - Coeficientes de Manning para Canais	31
Tabela 5 - Valores Usuais de Velocidade de Escoamento.....	33
Tabela 6 - Dados Plúvio.....	39
Tabela 7 - Dados para o Cálculo da Vazão Pluvial	40
Tabela 8 - Verificação Hidrológica para Trechos dos Sistema Existente.....	42
Tabela 9 - Verificação Hidráulica do Canal para a Seção Retangular.....	43
Tabela 10 - Verificação Hidráulica para a Seção Circular	43
Tabela 11 - Cálculos Hidrológicos do Trecho a Jusante.....	44
Tabela 12 - Cálculos Hidráulicos para o Trecho Jusante.....	44
Tabela 13 - Cálculos Hidrológicos Trecho 100.00 metros	45
Tabela 14 - Cálculos Hidráulicos Trecho 100.00 metros	45
Tabela 15 - Cálculos Hidrológicos Trecho 326.00 metros	46
Tabela 16 - Cálculos Hidráulicos Trecho 326.00 metros	46
Tabela 17 - Cálculos Hidrológicos dos Trechos Jusante de Canalização de Entorno Fechada	47
Tabela 18 - Cálculos Hidráulicos dos Trechos Jusante de Canalização de Entorno Fechada ..	48
Tabela 19 - Comparação das Vazões Comportadas pelo Canal após a Modificação do Trecho 973.00 metros.....	48
Tabela 20 - Cálculos Hidrológicos Trecho do 18.75 metros	49
Tabela 21 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 18.75 metros	49
Tabela 22 - Cálculos Hidrológicos do Trecho 134.0 metros	49
Tabela 23 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 134.0 metros	50

Tabela 24 - Dimensionamento do Degrau Vertical no Trecho 134.0 metros	50
Tabela 25 - Cálculos Hidrológicos para os Trechos 144.60 m, 183.10 m , 193.90 m, 234.50 m, 245. 50 m, 368.20 m e 378.30 m.	51
Tabela 26 - Cálculos Hidráulicos para os Trechos 144.60 m, 183.10 m , 193.90 m, 234.50 m, 245. 50 m, 368.20m e 378.30 m.	51
Tabela 27 - Redimensionamento da Altura do Canal	52
Tabela 28 - Redimensionamento da Seção Transversal do Canal	52
Tabela 29 - Cálculos Hidrológicos do Trecho 425.20 metros	53
Tabela 30 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 425.20 metros	53
Tabela 31 - Cálculos Hidrológicos dos Trechos 474.10 metros e 548.30 metros	53
Tabela 32 - Cálculos Hidráulicos dos Trechos 474.10 metros e 548.30 metros.....	54
Tabela 33 - Redimensionamento da Altura do Canal para Trechos 474.10 metros e 548.30 metros.....	54
Tabela 34 - Redimensionamento da Seção do Canal para Trechos 474.10 metros e 548.30 metros.....	54
Tabela 35 - Planilha de Custos.....	59

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado e desordenado nas áreas urbanas em décadas passadas ocorreu-se a ocupação indevida do solo feita as margens dos rios, córregos e ribeirões. Nessa época não havia formulação de códigos ambientais que restringisse a ocupação do solo nessas áreas. Assim os grandes centros urbanos foram desenvolvidos envolta dos cursos d' água, o que ocasionou a impermeabilização do solo, pois houve a diminuição da taxa de infiltração da água no solo, e conseqüentemente resultou no aparecimento das enchentes nas zonas urbanizadas. A canalização a céu aberto ou o encerramento em galerias foi a solução adotada para controlar o surgimento das inundações nessas regiões, que de certa forma funcionaram para um tempo determinado. Porém com o passar dos anos e com o crescimento dos centros urbanos, muitas obras de macrodrenagem se tornaram deficientes e mais uma vez pode ser evidenciado o aparecimento de enchentes em áreas urbanas.

O presente trabalho se refere ao estudo de caso do sistema de macrodrenagem existente no Córrego Bambus, em Três Pontas. O problema diagnosticado são as inundações constantes em sua extensão canalizada a céu aberto. A realização deste estudo é justificada por se tratar de um sistema de drenagem deficiente, localizado as margens da Avenida Oswaldo Cruz uma das principais avenidas do município. Esse trabalho possui o intuito de propor soluções estruturais ou não estruturais para resolver o problema encontrado. A metodologia utilizada foi a análise hidrológica do município feita a partir de dados levantados feitos a partir de softwares como Google Earth®, Global Mapper ® juntamente com a caracterização do sistema de drenagem existente através de visita in loco para levantamento de dados sobre a canalização, bem como o levantamento topográfico do fundo do canal para a determinação da capacidade hidráulica.

Dessa forma foi proposto um estudo mais detalhado do canal levando em consideração trechos menores e critérios particulares de cada área e segmento avaliado. Com este estudo foi possível caracterizar e diagnosticar o problema e propor um projeto de solução que atenda as necessidades da população no que se refere à otimização do sistema de drenagem existente e o desfecho do problema de inundações no local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo propor soluções para o sistema de macrodrenagem existente no Córrego Bambus situado às margens da Avenida Oswaldo Cruz no município de Três Pontas - MG, problemática que aflige a população durante os períodos de precipitações intensas.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar e diagnosticar o sistema de drenagem atual;
- Caracterizar a bacia de contribuição e as sub-bacias;
- Fazer o levantamento topográfico do canal;
- Consultar o Plano Diretor Municipal sobre o processo de verticalização e os tipos de construções as margens do córrego para o emprego de um período de retorno adequado;
- Identificar e analisar dos fatores que ocasionam as inundações;
- Apresentar medidas de solução visando extinguir ou reduzir os problemas encontrado no sistema atual.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Diagnóstico dos Fatores que ocasionam as Inundações

A análise do canal foi feita em um dia normal, que não houve precipitação. Pode ser evidenciado que em certos trechos o fundo do canal de concreto bruto foi erodido, devida às altas velocidades a jusante do trecho. Dessa forma há acumulação de destroços, e alteração da declividade inicial. Além disso, foi possível diagnosticar um assoreamento no canal em alguns trechos, no qual é causado pela baixa declividade, que propícia o acúmulo de matéria orgânica e lixos no fundo do canal, conforme figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 - Trechos onde ocorrem erosão



Fonte: a autora (2016)

Figura 2 - Lixos e detritos no canal alterando a condição de regime



Fonte: a autora (2016)

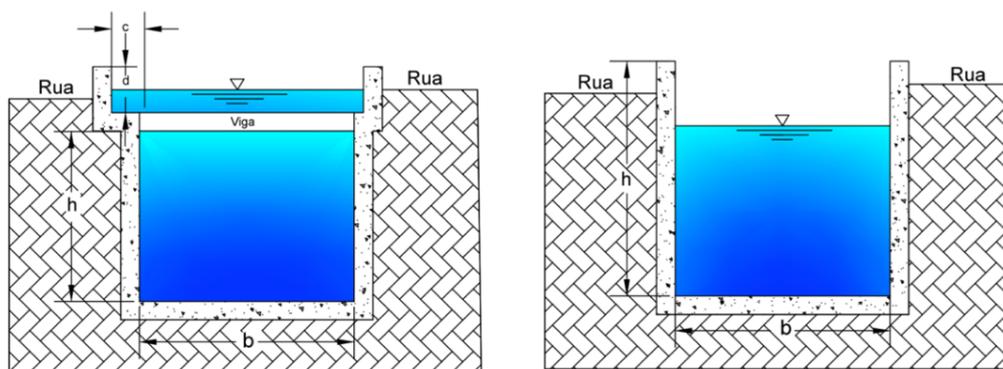
Figura 3 - Erosão no fundo do canal



Fonte: a autora (2016)

Uma outra consideração está relacionada com o sistema estrutural do canal. Pode ser visto que o canal foi construído com uma dimensão menor, e com o crescimento urbano começou a ocorrer as inundações. E assim, foram feitas alterações na seção transversal do canal fazendo da mesma, uma seção combinada conforme a figura 4.

Figura 4 - Seções variadas do canal



Seção Combinada

Seção Única

Fonte: a autora (2016)

As vigas de sustentação das paredes da seção anterior ficaram entre a nova seção, conforme representação da figura 5, o que as tornaram em obstáculos para o escoamento da água no canal. Isso é caracterizado como um problema, pois além de dificultar o transporte, aumenta a turbulência nessa área e altera o regime de escoamento.

Figura 5 - Evidenciação do obstáculo gerado pelas vigas



Fonte: a autora (2016)

Além desses fatores pode ser observado que o trecho se encerra um pouco adiante dos cruzamentos da Avenida Oswaldo Cruz com a Rua Boa Esperança, onde o córrego bambus deságua no Ribeirão Araras. Um fato a ser considerado é que em determinado ponto, o canal passa a funcionar em conduto de contorno fechado e altera a sua seção retangular para uma seção circular que desemboca no Ribeirão Araras em forma de três tubos de concreto de 1500 mm de diâmetro medidos in loco. Isso faz com que nessa área de transição também ocorra uma grande turbulência. A figura 6 ilustra esses trechos.

Figura 6 - Mudança de seção para entorno fechada e desembocadura do Córrego Bambus no Ribeirão Araras



Fonte: a autora (2016)

4 MEMORIAL DESCRITIVO

4.1 Apresentação

O presente estudo foi realizado com a abordagem em um trecho do sistema de macrodrenagem existente do Córrego Bambus, no município de Três Pontas.

Com isso o local foi admitido como estudo de caso por apresentar problemas no seu sistema de drenagem principal, que ocorre mais especificamente em sua extensão canalizada a céu aberto que está localizada entre os cruzamentos da Avenida Ipiranga com a Avenida Oswaldo Cruz, e o cruzamento da Avenida Oswaldo Cruz com a Rua Boa Esperança, representado na figura 7. Foi escolhido esse trecho para análise por ele apresentar pontos de alagamentos constantes em sua extensão.

Figura 7 - Trecho analisado



Fonte: Google Earth (2016)

4.2 Metodologia

O presente trabalho foi realizado através da delimitação da bacia de contribuição, logo depois, foi executado o levantamento altimétrico do Córrego Bambus, em que foi feito o retrato fiel do fundo do canal para de fato apresentar uma solução que irá reduzir ou extinguir as enchentes nesse trecho. Assim, foi necessário fazer a análise hidrológica para obter a vazão

pluvial local, na qual houvesse o emprego correto de um período de retorno levando em consideração a perspectiva de ocupação dessa região de acordo com o Plano Diretor Municipal e as edificações presentes ao longo da extensão do canal. Com isso, teve-se a comparação da capacidade hidráulica do canal, com a vazão pluvial. E a partir dos resultados, foi feito um diagnóstico do sistema de macrodrenagem, na qual apontar as deficiências e suas possíveis medidas de solução. Seguida das especificações de materiais e serviços a serem executados, contendo as estimativas de custos para implementação dos indicativos de solução, bem como seus respectivos desenhos geométricos.

4.3 Caracterização do Local

O trecho analisado possui uma extensão de 567.12 metros. Trata-se de um sistema de drenagem muito antigo, construído por volta de 1937, segundo a Prefeitura Municipal de Três Pontas. Dessa forma, na época foi projetado para um determinado número de habitantes, e com o rápido crescimento do município, o sistema de drenagem se tornou ineficiente.

A nascente do córrego bambus está localizada antes do reservatório Vale do Sol. O córrego Bambus é afluente do Ribeirão Araras, conforme a figura 8. E possui aproximadamente 2.42 km de extensão e está situado as margens de uma das principais avenidas da cidade a Avenida Oswaldo Cruz.

Figura 8 - Caracterização do Córrego Bambus



Fonte: Google Earth (2016)

Os problemas relacionados as enchentes são decorrentes das precipitações intensas, podendo ser visto nos históricos de inundações representado nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - escoamento superficial em toda via



Fonte: Equipe Positiva - data 11/02/2016

Figura 10 - Comportamento do conduto livre quando sujeito à altas precipitações

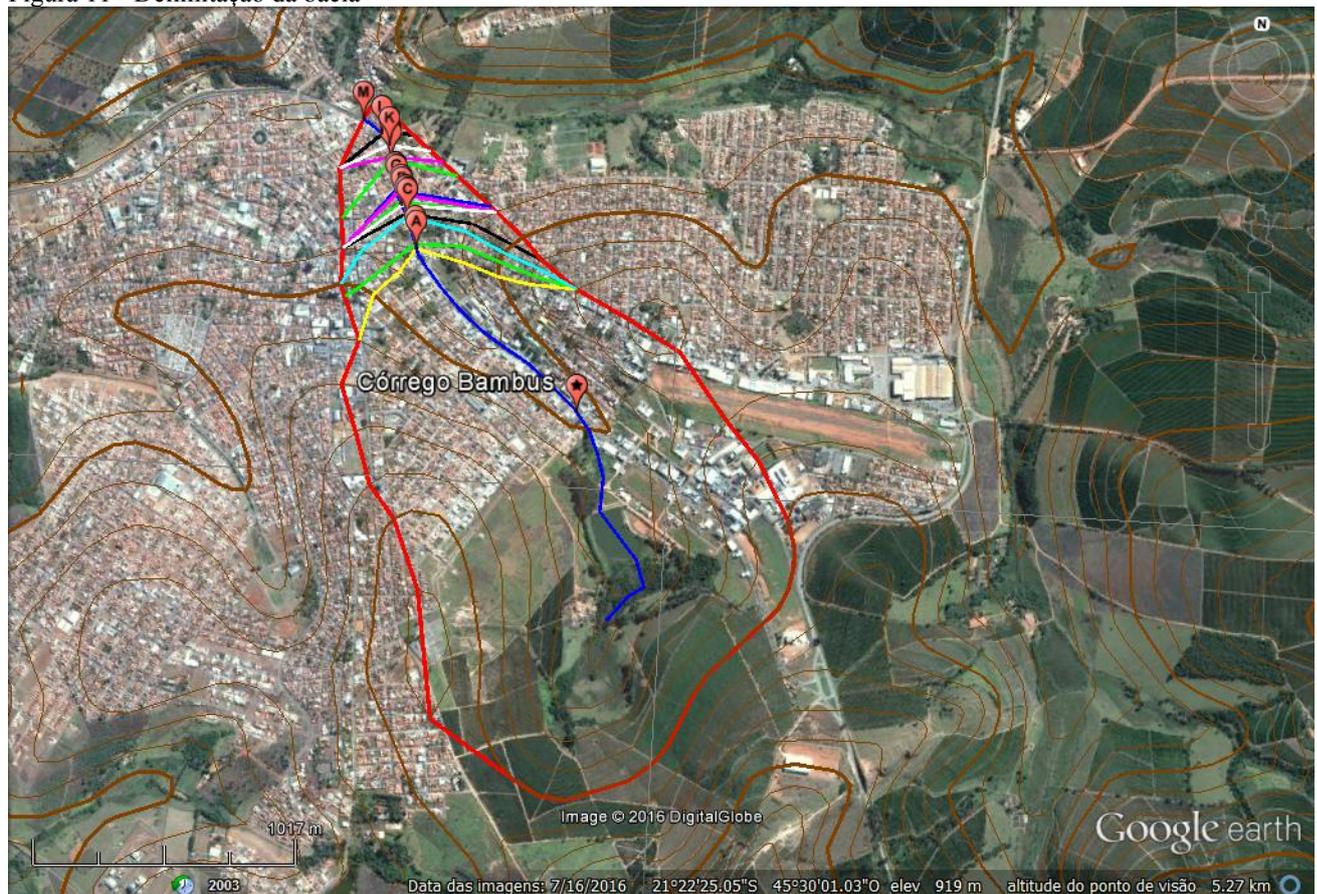


Fonte: Equipe Positiva - data 11/02/2016

4.4 Caracterização da Bacia de Contribuição

A área da bacia de drenagem foi levantada pelas curvas de níveis geradas no software Global Mapper®, e assim pode-se delimitar o traçado da bacia através do Google Earth®, levando em consideração as cristas das curvas de níveis, o exutório, e seus divisores de água, conforme representação da figura 11. Desse modo pode-se levantar uma bacia de contribuição com a área de aproximadamente 2.72 quilômetros quadrados.

Figura 11 - Delimitação da bacia



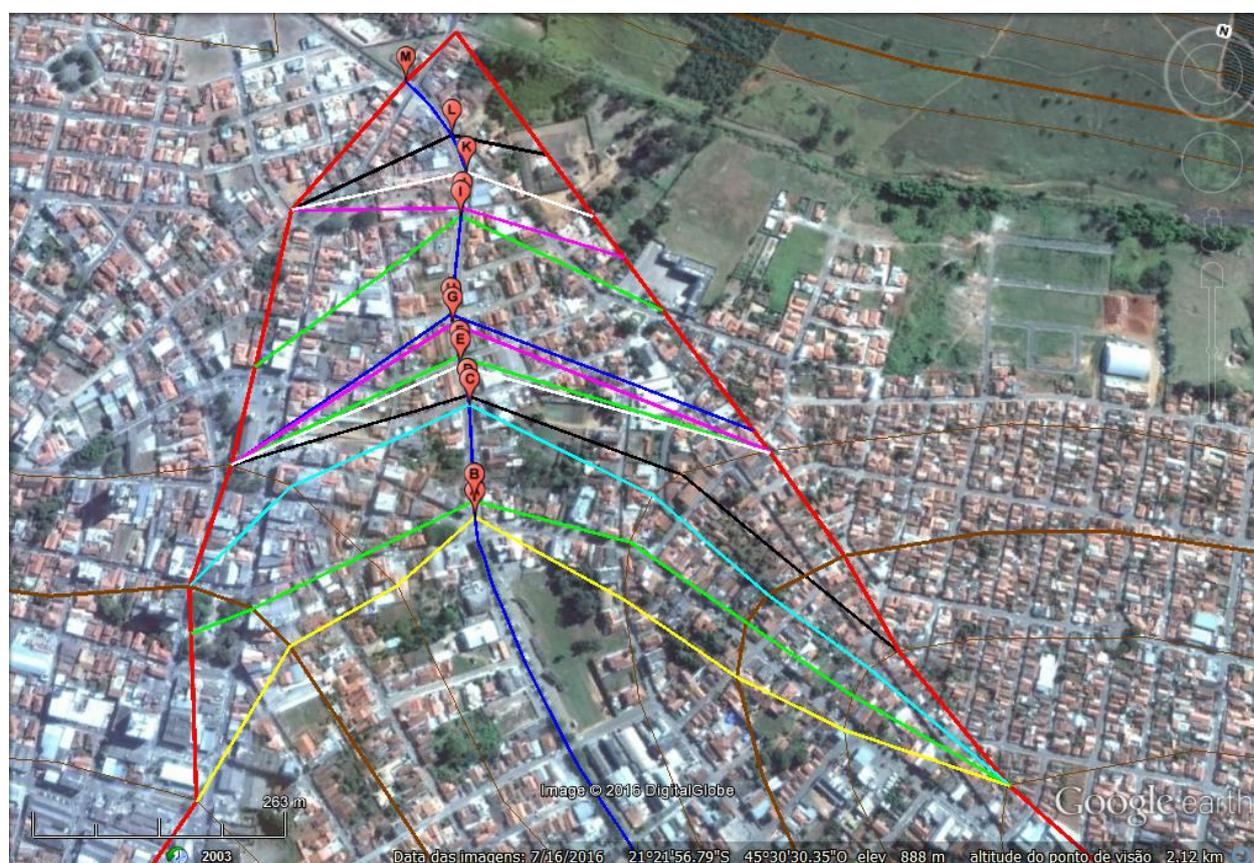
Fonte: Google Earth (2016)

4.4.1 Sub-bacias

Na comparação da demanda pluvial com a capacidade hidráulica do canal foi necessário fazer a divisão da bacia de contribuição em sub-bacias. Para que a vazão pluvial fosse calculada em cada trecho do canal analisado, de forma a identificar a demanda hidrológica de cada trecho e assim comparar com a vazão do canal para esse mesmo ponto. De modo a não ocorrer o superdimensionamento da estrutura do canal a jusante.

A divisão das sub-bacias levou em consideração trechos sob as ruas onde ocorrem o estrangulamento da rede, ocasionado pela redução da seção transversal do canal. Ou ainda em trechos onde o canal foi erodido devidos as altas velocidades a jusante do ponto e em trechos com extensão por volta de 100 metros. A figura 12 representa a divisão das sub-bacias.

Figura 12 - Divisão das Sub-bacias



Fonte: Google Earth (2016)

4.5 Levantamento Topográfico

Foi realizado um levantamento topográfico do canal para evidenciação real do fundo do canal, através da construção de um perfil longitudinal do mesmo, em que podem ser vistas suas peculiaridades ao longo de sua extensão. Para assim, de fato, poder dar um diagnóstico e então uma solução para o sistema. O processo do levantamento topográfico feito in loco, representado na figura 13.

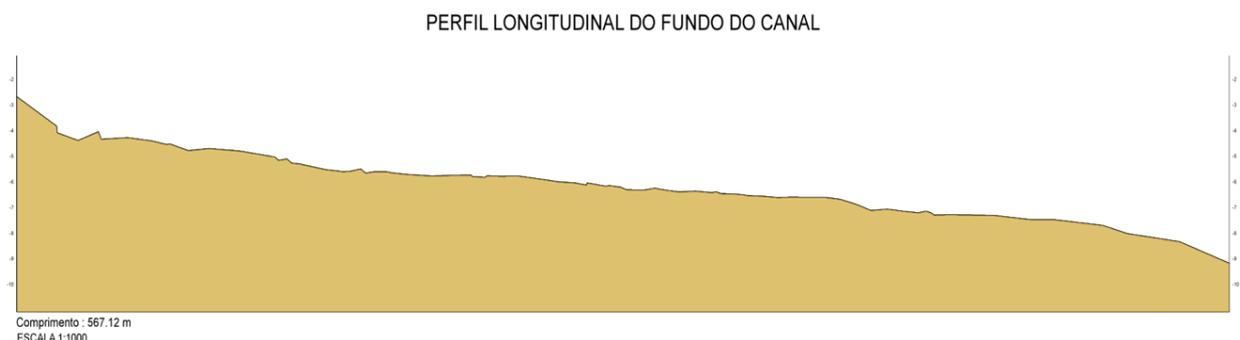
Figura 13 - Levantamento Topográfico utilizando a Estação Total



Fonte: a autora (2016)

A partir do perfil longitudinal do fundo do canal representado na figura 14 e o projeto de levantamento planimétrico constante no anexo A, juntamente com análise in loco foi possível constatar que em certos trechos há um declive acentuado das cotas altimétricas e logo em seguida uma ascensão da mesma. Assim, pode se dizer que esses trechos são onde o fundo do canal foi erodido, devido ao seu trecho antecessor possuir velocidades maiores que as recomendadas para canais. Além disso nesses trechos há presença de destroços e pedras e gerados pela erosão que estão presentes no curso d'água, tornando obstáculos e alterando o coeficiente de escoamento superficial.

Figura 14 - Perfil longitudinal do canal



Fonte: a autora (2016)

4.6 Análise do Período de Retorno Adequado

Para o emprego de um período de retorno adequado para o sistema de macrodrenagem analisado, foi consultado a resolução do (CODEMA 0002/2013), na qual dispõe sobre medidas de caráter ambiental a serem implementadas pelo Município de Três Pontas visando a prevenção de inundações na área urbana municipal, e dá outras providências. No Art. 7º A ocupação das áreas urbanas baixas, principalmente nas margens de córregos deverá ser analisada mediante aspectos inerentes à possibilidade de inundações provenientes de precipitações pluviométricas ocorridas na bacia hidrográfica em questão. E no §1º O levantamento da vazão do córrego deve ser feito considerando-se o tempo de recorrência de cinquenta anos.

Entretanto para o canal analisado pode ser evidenciado em visita in loco, um adensamento as margens desse córrego, ocorrido pelo processo de verticalização as margens do canal, em que pode ser visto construções de edificações de grande porte, como um edifício misto de três pavimentos com a finalidade multifamiliar e comercial, um outro edifício de dois pavimentos com finalidade residencial. Além disso foram constatadas aprovações de novos loteamentos dentro da bacia de contribuição, o que de certa forma diminui a cobertura vegetal através do aumento da impermeabilização do solo, assim aumenta o coeficiente superficial de escoamento que irá resultar em vazões cada vez maiores. Dessa forma, a tendência das inundações é agravarem mais ainda, por isto é adotado um período de retorno maior que recomendado pela própria prefeitura. Pois mesmo a Prefeitura Municipal de Três Pontas ter uma resolução na qual diz que é necessário ser analisada a ocupação das áreas propícias as inundações, acaba permitindo a verticalização as margens do córrego e aprovações de novos loteamentos dentro da bacia. Desse modo será adotado um período de retorno de cento e cinquenta anos levando em consideração os fatores descritos acima.

4.7 Parâmetros de Projeto para Análise Hidrológica

A seguir serão apresentadas todas as formulações aplicadas na verificação hidrológica utilizada na planilha de cálculo contida no memorial de cálculo.

4.7.1 Medidas de Vazões

Conforme Azevedo Netto (1998) o estudo do escoamento superficial é obtido pela necessidade de estimar vazões de projetos, em obras de engenharia. E a medida de vazão utilizada nesse projeto foi o método racional, por se tratar de uma bacia menor que 3 Km² de área de contribuição.

4.7.1.1 Método Racional

Segundo Azevedo Netto (1998), o método racional para avaliação da vazão de enchente consiste em:

$$Q = C \times I \times A \quad (4.1)$$

Onde:

Q = vazão pluvial em (m³/s)

C = coeficiente de esgotamento superficial da bacia hidrográfica ou de run off

I = intensidade média de precipitação sobre toda a bacia em (mm/s)

A = área da bacia hidrográfica em (m² ou ha)

4.7.2 Tempo de Recorrência ou Período de Retorno

Conforme Tomaz (2013), o período de retorno (T) é caracterizado como o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico será igualado ou superado pelo menos uma vez. Estabelece-se o período de retorno recomendado através de bom senso, prejuízos finais e custos de obras. A tabela 1 evidencia os valores utilizados para tempo de recorrência que são recomendados.

Tabela 1 - Período de Retorno

Quadro 18.17 - Retornos para diferentes ocupações de área (DAEE/CETESB, 1980)		
Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edificações de serviço ao público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Azevedo Netto (1998) – Adaptado pela Autora

4.7.3 Tempo de Concentração

Tempo de concentração é definido como o tempo em que leva para que toda a bacia analisada contribua para o escoamento superficial na seção observada (TOMAZ, 2013).

Thierry e Bianconcini, afirmam que o tempo de concentração para uma dada seção é determinado em duas etapas:

$$Tc = ts + te \quad (4.2)$$

Onde:

Tc = tempo de concentração

ts = tempo de escoamento superficial

te = tempo morto (10 mim)

Para cálculo do escoamento superficial (ts) aplica-se a fórmula de George Ribeiro, dada na equação 4.3:

$$Ts = \frac{16 \times L}{(1.05 - 0.2 P) \times (100 \times Im)^{0.04}} \quad (4.3)$$

Sendo:

Ts = tempo de escoamento superficial, em min.

L = comprimento do talvegue principal, em km.

P = porcentagem de cobertura vegetal, em decimal.

Im = declividade média do talvegue principal, em m/m.

4.7.4 Coeficiente de Escoamento Superficial ou Run Off

O coeficiente de escoamento superficial é apresentado como o resultado da ação do terreno sobre a chuva, com o volume escoado pelo volume precipitado. (AZEVEDO NETTO, 1998).

Conforme Wilken (apud, AZEVEDO NETTO, 1998), a determinação do coeficiente de run off é sugerida o emprego de um único valor de (C) para toda a bacia, no qual consiste na

média ponderada das parcelas da área total com seus respectivos coeficientes, como pesos, seguindo suas características fisiográficas.

$$C = \frac{\sum An \times Cn}{A} \quad (4.4)$$

Serão adotados os valores do coeficiente de escoamento superficial (C) apresentados nas tabelas 2 e 3:

Tabela 2 - Valores para Coeficiente de Escoamento Superficial

Quadro 18.14 Colorado Highway Department	
Característica da bacia	C em %
Superfícies impermeáveis	90-95
Terreno estéril montanhoso	80-90
Terreno estéril ondulado	60-90
Terreno estéril plano	50-70
Prados, campinas, terreno ondulado	40-65
Matas decíduas, folhagem caduca	35-60
Matas coníferas, folhagem permanente	25-60
Pomares	15-40
Terrenos cultivados em zonas altas	15-40
Terrenos cultivados em vales	10-30

Fonte: Azevedo Netto (1998) – Adaptado pela Autora

Tabela 3 - Valores para Coeficiente de Run off

Quadro 18.13 - Valores usuais de C , segundo Kuichiling	
Natureza da bacia	C
Telhados	0.70-0.95
Superfícies asfaltadas	0.85-0.90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedos	0.75-0.85
Estradas macadamizadas	0.25-0.60
Estradas não pavimentadas	0.15-0.30
Terrenos descampados	0.10-0.30
Parques, jardins, campinas	0.05-0.20

Fonte: Azevedo Netto (1998) – Adaptado pela Autora

4.7.5 Intensidade de Chuva de Projeto

Segundo Vasconcelos, (2016), a intensidade média da chuva é determinada pela fórmula estabelecida com fundamentação nas relações de intensidades, duração e frequências para as precipitações ocorrentes no Brasil, dada pela Faculdade Federal de Viçosa - Minas Gerais, expressa na equação 4.5.

$$I_m = \frac{K \times T_r^a}{(T_c + b)^c} \quad (4.5)$$

Sendo:

I_m = intensidade média, (mm/h)

T_r = período de retorno, (anos)

T_c = tempo de concentração, (min)

K , a , b e c = Parâmetros relativos à localidade retirada do software Pluvio desenvolvido pela Faculdade Federal de Viçosa Minas Gerais

4.8 Análise Hidráulica

A análise hidráulica tem por objetivo avaliar as condições estruturais ou naturais, para o escoamento pluvial. A seguir serão apresentadas todas as formulações aplicadas na verificação hidráulica do canal utilizada na planilha de cálculo contida no memorial de cálculo.

4.8.1 Declividade

$$I = \frac{\Delta h}{L} \quad (4.6)$$

Sendo:

Δh = diferença de cota jusante e montante

L = comprimento do trecho

4.8.2 Fórmula de Manning

A fórmula de Manning é muito utilizada para determinação hidráulica relativas a canais. Através dessa fórmula conseguimos obter diferentes variáveis, sejam variáveis geométricas, como área da seção transversal e raio hidráulico, nos quais são funções da profundidade de escoamento. E ainda se têm as variáveis hidráulicas, bem como a velocidade e a vazão.

- Coeficiente de Manning

O coeficiente de Manning é fixado em função do seu material de composição é retirado da tabela 4 e figura 15.

Tabela 4 - Coeficientes de Manning para Canais

Quadro 4.4 Valores de n de Manning pra diversos tipos de canais (Chow, 1973; French, 1985; Macafferri, 2002. Adaptado)			
Tipo	n de Manning		
	mínimo	médio	máximo
A - Condutos parcialmente cheios			
A1 - Concreto			
galeria reta e livre de detritos	0.010	0.011	0.013
galeria com curvas, conexões e poucos detritos	0.011	0.013	0.014
tubo de concreto com poços de visita, juntas, etc.	0.013	0.015	0.017
sem acabamento, forma rugosa (madeira)	0.015	0.017	0.020
sem acabamento, forma lisa (aço)	0.012	0.013	0.014
A2- metal corrugado	0.021	0.024	0.030
A3 - Tubos cerâmicos	0.011	0.013	0.017
B - Canais a céu aberto			
B1- Concreto			
acabamento liso	0.013	0.015	0.016
sem acabamento	0.014	0.017	0.020
acabado (margens) com cascalho no fundo	0.015	0.017	0.020
projetado sem seção uniforme	0.016	0.019	0.023
projetado sem seção uniforme (ondulada)	0.018	0.022	0.025
B2- Pedra Argamassada			
pedra argamassada (margens) com fundo de concreto acabado	0.017	0.020	0.024
pedra argamassada (margens) com fundo em cascalho	0.020	0.023	0.026

Fonte: Canholi (2005) – Adaptado pela Autora

Figura 15 - Coeficiente de Manning para Estruturas em Gabião

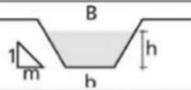
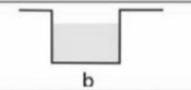
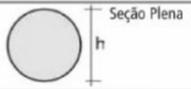
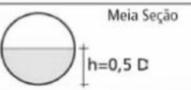
Natureza das paredes	Condições			
	Muito Boa	Boa	Regular	Má
Gabião	0,022	0,030	0,035	-

Fonte: Adaptado Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

4.8.3 Elementos Geométricos de Canais

Abaixo na figura 16, segue as fórmulas para o cálculo de área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico e largura superficial de uma seção transversal de um canal, seja ela circular, retangular ou trapezoidal.

Figura 16 - Fórmulas de área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_H)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: Tomaz (2011)

4.8.4 Velocidade

Para o cálculo da velocidade temos a seguinte equação proposta por Azevedo Netto (1998).

$$V = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \quad (4.7)$$

Sendo:

V = velocidade média, (m³/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (m/m)

R_h = raio hidráulico, (m)

De acordo com Azevedo Neto (1998), para o bom funcionamento e manutenção dos canais são recomendadas as velocidades média, nas quais são estabelecidos os limites inferiores e superiores com intuito de impedir erosão das paredes e fundo e evitar sedimentação de materiais em suspensão, representados na tabela 5.

Tabela 5 - Valores Usuais de Velocidade de Escoamento

Tabela Velocidades Recomendadas - Azevedo Netto (1998)		
Limite inferior	Velocidade média limite inferior	
Águas com suspensões finas	0,30	m/s
Águas carregando areias finas	0,45	m/s
Águas de esgoto	0,60	m/s
Águas pluviais	0,75	m/s
Limite superior	Velocidade média limite superior	
Canais arenosos	0,30	m/s
Saibro	0,40	m/s
Seixos	0,80	m/s
Materiais aglomerados consistentes	2,00	m/s
Alvenaria	2,50	m/s
Canais em rocha compacta	4,00	m/s
Canais de concreto	4,50	m/s

Fonte: Azevedo Netto (1998) – Adaptada pela Autora

4.8.5 Vazão

Através da combinação das fórmulas de Manning com a Equação da Continuidade, obtemos a fórmula para o cálculo de vazão.

Onde:

$$Q = V \times Am \quad (4.8)$$

Substituindo a velocidade (V), na equação da continuidade, encontramos:

$$Q = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} Am \quad (4.9)$$

Sendo:

Q = vazão, (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

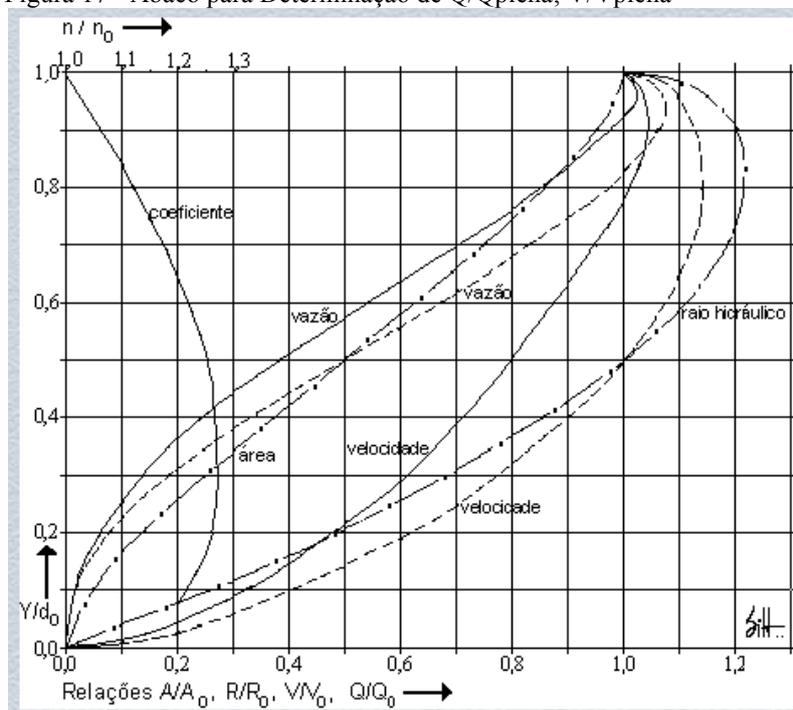
i = declividade média, (m/m);

Rh = raio hidráulico, (m)

4.8.6 Máxima Eficiência Hidráulica

De acordo com Azevedo Netto (1998), a máxima vazão que um canal circular consegue atingir se dar por $y = 0.95$, onde o conduto funciona completamente cheio. Assim, nessas condições se for elevando a lamina d'água no conduto, a vazão irá aumentar até o ponto mencionado, para depois sofrer uma pequena redução, devido ao enchimento por completo da canalização. Entretanto para um canal retangular será mais favorável a seção, na qual a base b e o dobro da altura h. Abaixo na figura 17 tem-se o ábaco para determinação da vazão plena e velocidade plena.

Figura 17 - Ábaco para Determinação de Q/Qplena; V/Vplena

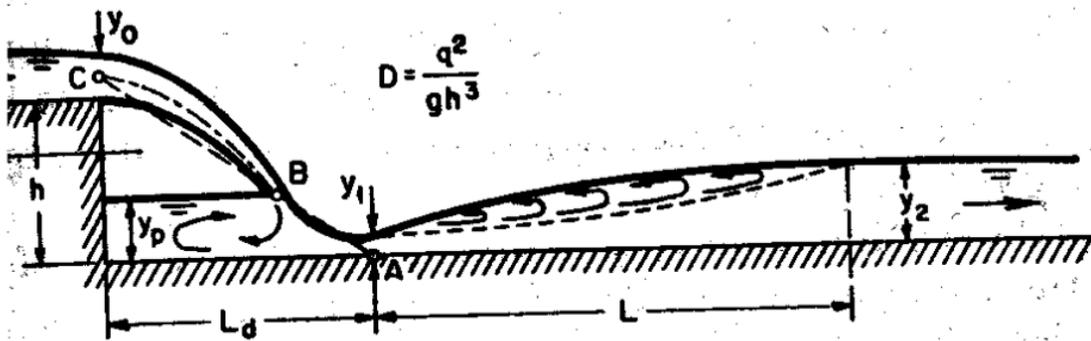


Fonte: Vasconcelos (2016)

4.8.7 Degrau Vertical

Segundo Tomaz (2011), os degraus são dissipadores de energia e podem ser construídos em concreto, gabiões ou pedra assentada com cimento e areia conforme Figura 18 e possuem uma altura de aproximadamente 1,50 metros de altura. O degrau vertical não é uma escada hidráulica.

Figura 18 - Esquema do degrau



Fonte: Ven Te Chow, Open Channels (1985)

Os degraus podem ser calculados usando o número de queda (drop number) Dn e são válidos para regime subcrítico e supercrítico. Conforme Drenagem Urbana (1980) seguem abaixo as equações utilizadas para o cálculo do degrau vertical.

$$Dn = \frac{q^2}{g \times h_0^3} \quad (4.10)$$

$$Ld = h_0 \times 4.30 \times Dn^{0.27} \quad (4.11)$$

$$y_1 = h_0 \times 0.54 \times Dn^{0.425} \quad (4.12)$$

$$y_2 = h_0 \times 1.66 \times Dn^{0.27} \quad (4.13)$$

$$y_p = h_0 \times 1.00 \times Dn^{0.22} \quad (4.14)$$

$$L = 6.9 \times (y_2 - y_1) \quad (4.15)$$

Sendo:

D = drop number (adimensional)

ho = altura do espelho do degrau (m)

g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

q = descarga unitária por unidade de comprimento da crista da soleira (m³/s x m)

y₁ = profundidade ao pé da lâmina vertente ou no início do ressalto hidráulico (m)

y₂ = profundidade da água a jusante do ressalto (m)

y_p = profundidade a jusante e junto ao pé do degrau (m)

L_d = comprimento de queda (distância desde o espelho do degrau até a posição da profundidade y)

L = comprimento até a profundidade y (m).

De modo geral a altura do degrau é no máximo de 1,50m. As profundidades y₁ e y₂ são denominadas de profundidades conjugadas. Foi verificado experimentalmente que os pontos A, B e C estão alinhados numa linha reta conforme Chow, 1985.

$$q = \frac{Q}{B} \quad (4.16)$$

Sendo:

q = descarga unitária por unidade de comprimento (m³/s/m)

Q = vazão de entrada (m³/s)

B = largura do degrau (m)

Através da descarga unitária pode calcular a velocidade dada na equação 4.17.

$$V = \frac{q}{y_1} \quad (4.17)$$

Para o cálculo do número de Froude é utilizada a equação 4.18

$$F = \frac{V}{(g \times y_1)^{0.5}} \quad (4.18)$$

Pode se observar que nos cálculos do degrau vertical é sempre considerado que o número de Froude seja menor que 1, isto é, temos que estar no regime subcrítico.

A altura crítica da água no canal que chega a água para a escada hidráulica é dada pela equação 4.19 e 4.20.

$$y_c = \frac{Q^2}{(g \times B^2)^{1/3}} \quad (4.19)$$

$$y_c = \frac{q^2}{(g)^{1/3}} \quad (4.20)$$

Sendo:

y_c = altura crítica do canal no início da escada hidráulica (m)

Q = vazão total (m³/s)

B = largura da escada hidráulica (m)

g = aceleração da gravidade = 9,81m/s²

A dissipação de energia pode ser calculada conforme Kathsuria, 2005 cita os estudos de (RAJARATNAM, 1995) que propôs a equação 4.21, para dissipação de energia em degrau vertical. (TOMAZ, 2011)

$$\frac{E_1}{E} = 0.896 \times \left(\frac{y_c}{h}\right)^{-0.766} \quad (4.21)$$

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

Este memorial de cálculo apresenta os cálculos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos nas planilhas de cálculo.

5.1 Cálculos Hidrológicos

A seguir há uma representação dos cálculos desenvolvidos para o trecho Jusante, de forma a exemplificar os cálculos realizados na planilha de verificação hidrológica.

5.1.1 Tempo de Concentração

Para a determinação do tempo de concentração é necessário calcular o tempo de escoamento superficial (t_s).

Assim para o cálculo do escoamento superficial foi utilizada a porcentagem de cobertura vegetal (p), e o comprimento do talvegue (L) calculados com ajuda do Autocad. E para a determinação da declividade média do talvegue do trecho Jusante, foi feito através da diferença de cotas de montante e jusante dividido pelo comprimento.

$$im = \frac{\Delta h}{L} = \frac{909 - 881}{1850} \rightarrow im = 0.015 \text{ m/m}$$

Assim foi possível determinar o escoamento superficial (t_s) aplicando na fórmula de George Ribeiro, dada abaixo.

$$t_s = \frac{16 \times L}{(1.05 - 0.2p) \times (100 \times im)^{0.04}} = \frac{16 \times 1.850 \text{ km}}{(1.05 - 0.2 \times 0.0627) \times (100 \times 0.015)^{0.04}}$$

$$t_s = 31.51 \text{ min}$$

$$T_c = t_s + 10 \text{ min} \rightarrow T_c = 41.51 \text{ min}$$

5.1.2 Intensidade Média da Chuva

No cálculo da intensidade média da chuva foram adotados os seguintes dados representados na tabela 6. A partir da coleta desses parâmetros, foi calculada a intensidade média de precipitação, conforme a equação a seguir. Adotou-se um período de retorno de 150 anos, devido ao adensamento as margens do canal ocorrido pelo processo de verticalização nesta área.

Tabela 6 - Dados Plúvio

Dados Pluvio.	
K	5690.461
b	32.626
a	0.200
c	1.080

Fonte: a autora (2016)

$$Im = \frac{K \times Tr^a}{(tc + b)^c}, \text{ sendo } Im = \frac{5690.461 \times 150^{0.20}}{(41.51 + 32.626)^{1.080}} \rightarrow Im = 148.17 \text{ mm/h}$$

5.1.3 Coeficiente de Run off

O cálculo da média ponderada do coeficiente de Run off, foi determinada através da fórmula expressa abaixo, considerando $C = 0.9$ para superfícies asfaltadas, $C = 0.25$ para área institucional e $C = 0.7$ para terrenos ondulados e $C = 0.20$ para áreas verdes.

$$C = \frac{\sum An \times Cn}{A}$$

$$C = \frac{(0.241 \times 0.9) + (0.121 \times 0.25) + (0.532 \times 0.7) + (1.519 \times 0.20)}{2.412} = 0.383$$

5.1.4 Vazão Pluvial

Com o valor encontrado do coeficiente de escoamento superficial médio, mais a área de contribuição da bacia, e a intensidade média de precipitação, foi determinada a vazão pluvial, representada abaixo e na tabela 7.

$$Q = C \times I \times A = 0.383 \times \left(\frac{148.17}{1000 \times 3600} \right) \times 2,412.484.15 \rightarrow Q = \mathbf{38.00 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Tabela 7 - Dados para o Cálculo da Vazão Pluvial

Período de Retorno	i (mm/h)	Cm	Área de Contribuição (m ²)	Q (m ³ /s)
150 anos	148.17	0.383	2,4124.84.15	38.00

Fonte: a autora (2016)

1.2 Cálculos Hidráulicos

As dimensões encontradas na seção do canal foram todas irregulares. Sendo assim, a canalização foi analisada em trechos menores e em trechos específicos, no qual foi desenvolvida a planilha de verificação hidráulica para a determinação da vazão, velocidade.

A seguir há uma representação dos cálculos hidráulicos desenvolvidos para o trecho Jusante. Para determinação da declividade do trecho foi obtida através da diferença entre cotas montante e jusante dividido pelo seu comprimento. As cotas foram retiradas do perfil longitudinal altimétrico do anexo A.

5.1.5 Raio Hidráulico

O cálculo do raio hidráulico da seção retangular do trecho analisado, é representado a seguir.

$$Rh = \frac{b \times h}{b + 2h} = \frac{2.30 \times 1.85}{2.30 + 2 \times 1.85} = \mathbf{0.71 \text{ m}}$$

5.1.6 Verificação da Velocidade

Para verificar da velocidade percorrida no trecho Jusante, foi utilizado à equação de Manning.

$$V = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} = \frac{1}{0.017} 0.71^{\frac{2}{3}} \sqrt{(0.015)} \rightarrow V = 5.75 \text{ m/s}$$

Nota-se que a velocidade do canal é superior a recomenda por Azevedo Netto (1998) para canais de concreto é de 4.5 m/s.

5.1.7 Capacidade Hidráulica do Canal

Foi adotado um coeficiente de Manning para canais de $n = 0,017$ para esse trecho considerando o canal como a céu aberto que é composto a base de concreto acabado as margens e com cascalho no fundo.

A determinação da vazão comportada pelo trecho de canal estudado será calculada, a partir da equação de Manning combinada com a equação da continuidade.

$$Q = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} Am$$

$$Q = \frac{1}{0.017} 0.71^{\frac{2}{3}} \sqrt{(0.015)} (2.30 \times 1.85) \rightarrow Q = 24.49 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

5.2 Verificação Hidrológica e Hidráulica para o Sistema Existente

A verificação foi feita através das planilhas de cálculo representadas nas tabelas 8 e 9 para seção retangular e tabela 10 para o trecho de seção circular.

Tabela 8 - Verificação Hidrológica para Trechos dos Sistema Existente

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
Jusante	2.41	1.85	28.0	62.9	41.5	0.015135	0.24	0.12	1.51	0.53	0.383	148.1	38.00
18.75 m	2.46	1.86	1.15	62.0	46.1	0.000615	0.24	0.12	1.52	0.56	0.387	138.8	36.80
134.00 m	2.52	1.98	1.25	61.1	48.2	0.000630	0.25	0.12	1.54	0.60	0.392	134.9	37.09
144.60 m	2.55	1.99	0.19	60.6	51.3	0.000095	0.25	0.12	1.55	0.62	0.394	129.4	36.28
183.10 m	2.56	2.03	0.19	60.5	52.1	0.000094	0.25	0.12	1.55	0.62	0.395	128.1	36.07
193.90 m	2.56	2.04	0.06	60.4	54.4	0.000029	0.25	0.12	1.55	0.63	0.395	124.5	35.13
234.50 m	2.58	2.08	0.02	60.2	57.3	0.000010	0.25	0.12	1.55	0.63	0.396	120.1	34.11
245.50 m	2.58	2.09	0.11	60.1	54.4	0.000053	0.25	0.12	1.55	0.64	0.397	124.4	35.50
368.20 m	2.64	2.21	0.71	58.9	53.6	0.000320	0.26	0.13	1.55	0.68	0.403	125.7	37.18
378.30 m	2.67	2.22	0.01	58.3	62.0	0.000004	0.26	0.13	1.55	0.71	0.406	113.8	34.32
425.20 m	2.68	2.27	0.9	58.1	54.3	0.000396	0.26	0.13	1.56	0.72	0.407	124.6	37.79
474.10 m	2.69	2.32	0.33	58.3	57.2	0.000142	0.27	0.13	1.57	0.71	0.406	120.3	36.58
548.30 m	2.71	2.40	0.86	58.0	56.9	0.000358	0.27	0.13	1.57	0.73	0.408	120.7	37.09
567.00 m	2.71	2.42	0.84	57.9	57.4	0.000347	0.27	0.13	1.57	0.73	0.408	120.1	36.98

Fonte: a autora (2016)

Tabela 9 - Verificação Hidráulica do Canal para a Seção Retangular

	Seção Combinada				Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)
	Seção Única		Largura do canal	Altura do canal									
	Largura do canal	Altura do canal											
Jusante	2.30	1.85	-	-	4.26	6.00	0.71	0.017	1850.0	28.0	0.015	5.75	24.49
18.75 m	2.55	1.80	2.95	0.60	6.36	10.30	1.17	0.017	18.75	1.15	0.061	7.87	50.05
134.00 m	2.10	1.60	2.40	0.60	4.80	8.90	1.03	0.017	115.25	1.25	0.011	6.26	30.07
144.60 m	2.10	1.60	-	-	3.36	5.30	0.63	0.017	10.60	0.19	0.018	5.81	19.53
183.10 m	2.20	1.50	2.30	0.60	3.30	5.20	1.03	0.017	38.50	0.19	0.005	4.21	19.71
193.90 m	2.00	1.35	-	-	2.70	4.70	0.57	0.017	10.80	0.06	0.006	3.03	8.18
234.50 m	2.00	1.50	2.35	0.80	3.00	5.00	1.08	0.017	40.60	0.01	0.0002	0.97	4.73
245.50 m	2.00	1.75	-	-	3.50	5.50	0.64	0.017	11.00	0.11	0.010	4.35	15.23
368.20 m	2.00	2.40	-	-	4.80	6.80	0.71	0.017	122.70	0.71	0.006	3.55	17.03
378.30 m	2.10	1.95	-	-	4.10	6.00	0.68	0.017	10.10	0.01	0.001	1.43	5.88
425.20 m	2.10	2.25	-	-	4.73	6.60	0.72	0.017	46.90	0.52	0.011	4.96	23.42
474.10 m	2.60	1.85	-	-	4.81	6.30	0.76	0.017	48.90	0.33	0.007	4.04	19.42
548.30 m	2.65	1.35	-	-	3.58	5.35	0.67	0.017	74.20	0.86	0.012	4.84	17.32

Fonte: a autora (2016)

E para as verificações hidráulicas para a seção circular estão exemplificadas na tabela 10.

Tabela 10 - Verificação Hidráulica para a Seção Circular

Seção Circular		Trecho	d (m)	y/d	Rh (m)	Cota J (m)	Cota M (m)	L (m)	i (m/m)	Coef. Ábaco área	A projeto (m²)	Coef. Ábaco Rh	Rh projeto (m)	V (m/s)	Q (m³/s) p/ 1 tubo	Q total (m³/s)
		567.00 m	1.5	0.95	0.37	8.26	9.10	18.7	0.04	0.97	1.82	1.15	0.32	37.6	13.3	40.1

Fonte: a autora (2016)

5.3 Análise dos Resultados Encontrados

Constatou-se através das tabelas 8 e 10 para o trecho 567.00 metros a vazão de montante comportada pelos três tubos de concreto, e maior que a vazão pluvial calculada. Portanto pode-se dizer que não há ponto de estrangulamento da rede nesse local.

Pode ser observado que a vazão pluvial para um período de retorno de 150 anos são maiores que a capacidade hidráulica do canal para todos os trechos analisados, conforme das tabelas 8 e 9. Dessa forma foi proposto fazer um conjunto de medidas específicas para cada trecho do canal.

Para o trecho inicial, o trecho a Jusante, podemos ver a sua capacidade hidráulica ilustrada na tabela 11.

Tabela 11 - Cálculos Hidrológicos do Trecho a Jusante

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
Jusante	2.41	1.85	28.0	62.9	41.5	0.015	0.24	0.12	1.51	0.53	0.38	148.2	38.0

Fonte: a autora (2016)

Entretanto pode-se constatar que o mesmo trecho não comportava a vazão pluvial calculada, através da tabela 12 na coluna anterior.

Tabela 12 - Cálculos Hidráulicos para o Trecho Jusante

	Seção Combinada				Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)
	Seção Única		Largura do canal	Altura do canal									
	Largura do canal	Altura do canal											
Ant.	2.3	1.85	-	-	4.2	6.0	0.71	0.017	1850	28.0	0.015	5.7	24.5
Post.	2.3	1.85	-	-	4.2	6.0	0.71	0.013	1850	28.0	0.015	7.5	32.0

Fonte: a autora (2016)

Assim foi proposto fazer a revestimento das paredes de concreto não acabado para concreto liso com a redução do coeficiente de Manning para 0.013, visando aumentar a capacidade hidráulica desse trecho, conforme tabela 12 na coluna posterior.

Porém somente a revestimento das paredes não solucionou o problema. Assim foi necessário realizar uma análise mais detalhada do trecho, pelo fato de apresentar uma diferença significativa de vazões e por ter trechos de entorno fechado. Uma medida de solução a ser adotada seria uma medida mais estrutural, o redimensionamento desse trecho a jusante. Entretanto isso precisa ser estudado de uma forma mais minuciosa, pois é essencial saber se algum ponto desse trecho comporta a vazão pluvial, para que haja o redimensionamento somente da seção transversal que não comporte a vazão pluvial calculada. Além do que é primordial assegurar sua capacidade hidráulica para garantir o mesmo aos próximos trechos analisados.

Foi realizada a análise hidráulica do trecho inicial da jusante que possui sua canalização de entorno fechado sob a rua, com dimensões de 1.90 x 2.00 metros e comprimento de aproximadamente 100.00 metros, para avaliar se o mesmo comportava a vazão pluvial estimada para esse mesmo ponto, pois somente assim pode-se afirmar se seria necessário redimensionar o trecho em questão. A seguir nas tabelas 13 e 14 são apresentados os cálculos hidrológicos e hidráulicos para o trecho inicial a 100 metros.

Tabela 13 - Cálculos Hidrológicos Trecho 100.00 metros

Jusante	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Declividade (m/m)	A asfaltada (km ²)	A inst. (km ²)	A verdes (km ²)	A lotes (km ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
100.00 m	1.52	0.97	1.00	88.7	29.4	0.001	0.04	0.0	1.32	0.17	0.27	179.39	21.06

Fonte: a autora (2016)

Tabela 14 - Cálculos Hidráulicos Trecho 100.00 metros

Jusante	Seção Combinada				Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)
	Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal									
100.00 m	1.9	2.0	-	-	3.8	5.9	0.64	0.013	100.0	1.0	0.01	5.7	21.80

Fonte: a autora (2016)

Para o trecho de 100.0 metros pode ser constatado que possui a capacidade hidráulica de transportar a vazão pluvial calculada, não havendo necessidade de adotar medidas estruturais e não-estruturais.

Em seguida tem-se o trecho 326 metros, o qual é constituído de uma canalização a céu aberto que possui a seção retangular de concreto com dimensões de 2.00 x 2.00 metros com taludes laterais gramados com inclinação de 1:5 e comprimento de 236 metros, conforme a representação da figura 19.

Figura 19 - Trecho a Jusante conduto a céu aberto logo no início da canalização do córrego



Fonte: a autora (2016)

Foi realizado a análise hidráulica desse trecho a jusante canalizado a céu aberto, através de planilhas de cálculos para averiguar as condições hidrológicas e hidráulicas, em que são representadas nas tabelas 15 e 16.

Tabela 15 - Cálculos Hidrológicos Trecho 326.00 metros

Jusante	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Declividade (m/m)	A asfaltada (km ²)	A inst. (km ²)	A verdes (km ²)	A lotes (km ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
326.00 m	1.77	1.20	2.0	76.4	33.1	0.0016	0.17	0.08	1.35	0.15	0.31	168.7	26.19

Fonte: a autora (2016)

Tabela 16 - Cálculos Hidráulicos Trecho 326.00 metros

Jusante	Seção Combinada		Seção Única		Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)
	Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal									
326.00 m	2.0	2.0	1.40	0.6	5.7	10.0	0.57	0.012	236.0	2.0	0.008	5.2	29.97

Fonte: a autora (2016)

Os cálculos hidráulicos da seção jusante a céu aberto, o trecho 326.00 metros foram calculados levando em consideração a seção do canal de concreto e seção dos taludes gramados. Assim foi preciso calcular um coeficiente de Manning médio, pois a seção é composta por rugosidades diferentes.

A partir dos resultados encontrados nas tabelas 15 e 16, pode-se afirmar que esse trecho à jusante comporta as vazões pluviais estimada.

Entretanto, logo após a essa canalização a céu aberto o trecho a montante dela possui canalização de entorno fechado ora está sob a rua ou sob forma de laje, na qual serve como meios de circulação de pedestres, conforme mostra a figura 20.

Figura 20 - Trecho a Jusante em conduto de entorno fechado servindo como passarelas



Fonte: a autora (2016)

Logo será essencial realizar as avaliações hidráulicas e hidrológicas para esses trechos em conduto de entorno fechado. Os cálculos podem ser vistos nas tabelas 17 e 18.

Tabela 17 - Cálculos Hidrológicos dos Trechos Jusante de Canalização de Entorno Fechada

Jusante	Área (km ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Declividade (m/m)	A asfaltada (km ²)	A inst. (km ²)	A verdes (km ²)	A lotes (km ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
496.0 m	1.98	1.37	7.0	69.1	34.8	0.0050	0.19	0.06	1.37	0.35	0.36	164.1	32.71
582.0 m	2.10	1.46	3.0	65.5	37.1	0.0020	0.21	0.06	1.37	0.45	0.37	158.2	35.03
701.0 m	2.27	1.58	1.0	60.9	40.4	0.0006	0.22	0.06	1.38	0.59	0.40	150.5	38.28
973.0 m	2.41	1.85	3.0	60.6	44.3	0.0016	0.24	0.07	1.46	0.63	0.40	142.3	38.45

Fonte: a autora (2016)

Tabela 18 - Cálculos Hidráulicos dos Trechos Jusante de Canalização de Entorno Fechada

Jusante	Seção Combinada				Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. de cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)
	Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal									
496.00 m	2.0	2.1	-	-	4.2	6.2	0.68	0.015	170.0	7.0	0.04	10.4	43.82
582.00 m	2.0	2.1	-	-	4.2	6.2	0.68	0.015	86.0	3.0	0.03	9.60	40.34
701.00 m	2.1	2.6	-	-	5.4	7.3	0.75	0.015	119.0	2.0	0.01	7.12	38.88
973.00 m	2.3	2.4	-	-	5.6	7.2	0.78	0.015	272.0	3.0	0.01	5.95	33.51

Fonte: a autora (2016)

Conforme a tabela 17 e 18 pode ser verificado que os trechos 496.00, 582.00 e 701.00 metros possuem capacidade hidráulica para transportar a vazão pluvial. Porém o trecho 973.00 metros, não comporta a vazão pluvial estimada. Sendo necessário adotar uma medida menos estrutural pelo fato do trecho ser de entorno fechado impossibilita o redimensionamento da altura do canal, a borda livre. Assim foi proposto fazer o revestimento das paredes laterais com o concreto liso, diminuindo o coeficiente de Manning para 0,013, assim aumentando a capacidade de transporte. Dessa forma, através da tabela 19, pode-se constatar que essa modificação irá solucionar o problema do transporte da vazão pluvial.

Tabela 19 - Comparação das Vazões Comportadas pelo Canal após a Modificação do Trecho 973.00 metros

	Jusante	Seção Combinada				Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. de cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal									
Ant.	973.00 m	2.3	2.45	-	-	5.6	7.2	0.78	0.015	272	3.0	0.01	5.9	33.5
Post.	973.00 m	2.3	2.45	-	-	5.6	7.2	0.78	0.013	272	3.0	0.01	6.8	38.6

Fonte: a autora (2016)

Logo depois dessa análise de todos os trechos Jusante segue o trecho 18.75 metros. Foi proposto fazer a recomposição das paredes do canal de concreto para gabião, visando diminuir a velocidade de escoamento através da alteração do coeficiente de Manning de 0,017 para

0,035. Se comparamos os valores da vazão posterior na tabela 21 com a vazão pluvial da tabela 20, podemos dizer o com essa medida conseguiríamos transportar a vazão pluvial.

Tabela 20 - Cálculos Hidrológicos Trecho do 18.75 metros

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
18.75 m	2.46	1.86	1.15	62.0	46.1	0.0006	0.24	0.12	1.52	0.56	0.38	138.8	36.80

Fonte: a autora (2016)

Tabela 21 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 18.75 metros

		Seção Combinada												
		Seção Única												
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)
Ant.	18.75 m	2.5	1.8	2.9	0.6	6.3	10.3	1.17	0.017	18.75	1.1	0.06	16.2	103
Post.	18.75 m	3.0	2.0	-	-	6.0	7.0	0.86	0.035	18.75	1.1	0.06	6.3	38.3

Fonte: a autora (2016)

Entretanto no trecho de 134.00 metros será necessário fazer a recomposição da base onde o fundo do canal está erodido, com o intuito de melhorar o escoamento da água e extinguindo a criação de bacias de acumulação dentro do canal, assim permanecendo constante o regime de escoamento. Uma outra medida a ser adotada para esse trecho é o revestimento das paredes laterais com o coeficiente de Manning de 0,013, com o intuito de aumentar a capacidade hidráulica do trecho. Segue na tabela 22 e 23 os cálculos hidrológicos e hidráulicos para esse trecho.

Tabela 22 - Cálculos Hidrológicos do Trecho 134.0 metros

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q (m ³ /s)
134.00 m	2.52	1.98	1.25	61.1	48.2	0.0006	0.25	0.12	1.54	0.60	0.39	134.9	37.09

Fonte: a autora (2016)

Tabela 23 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 134.0 metros

		Seção Combinada												
		Seção Única												
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada	Per. molhado	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)
Ant.	134.00 m	2.1	1.6	2.4	0.6	4.8	8.9	1.03	0.017	115.2	1.2	0.01	6.2	30.0
Post.	134.00 m	2.1	1.6	2.4	0.6	4.8	8.9	1.03	0.013	115.2	1.2	0.01	8.1	39.3

Fonte: a autora (2016)

Com os resultados obtidos a vazão que o canal comporta após essas modificações atenderá a vazão pluvial calculada. Porém pode ser evidenciado que a velocidade está maior que a recomendada para canais de concreto. Assim será implantado o degrau vertical no intuito de diminuir essa velocidade. A tabela 24 apresenta os cálculos desse degrau.

Tabela 24 - Dimensionamento do Degrau Vertical no Trecho 134.0 metros

Dimensionamento Degrau Vertical													
Q (m³/s)	B (m)	q (m³/s · m)	ho (m)	Dn	Ld	y1	y2	yp	L	v (m/s)	n° Froude	db	E1/E (%)
39.32	2.1	18.7	0.35	833.4	9.25	3.29	3.57	1.54	1.91	5.6	1.00	2.4	20.0

Fonte: a autora (2016)

Com a implantação de um degrau vertical de 35 centímetros pode-se obter uma redução na velocidade de 8.19 m/s para 5.68 m/s e uma dissipação de energia de de 20.05 %, a qual é aceitável, sendo eficaz a construção desse degrau vertical.

Os trechos 144.60 metros, 193.90 metros, 245.50 metros e 378.30 metros estão sob a rua e são considerado um ponto de estrangulamento da seção pois há uma redução de seção nesses pontos. E os trechos 183.10 metros, 234.50 metros e 368.20 metros são trechos sucessivos aos sob a rua. A tabela 25 demonstra os cálculos hidrológicos e tabela 26 os cálculos hidráulicos para esses trechos anterior e posterior a modificação do coeficiente de Manning para 0,013, através do revestimento das paredes laterais.

Tabela 25 - Cálculos Hidrológicos para os Trechos 144.60 m, 183.10 m, 193.90 m, 234.50 m, 245.50 m, 368.20 m e 378.30 m.

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
144.60 m	2.55	1.99	0.19	60.6	51.3	0.000095	0.25	0.12	1.55	0.62	0.394	129.4	36.2
183.10 m	2.56	2.03	0.19	60.5	52.1	0.000094	0.25	0.12	1.55	0.62	0.395	128.1	36.0
193.90 m	2.56	2.04	0.06	60.4	54.4	0.000029	0.25	0.12	1.55	0.63	0.395	124.5	35.1
234.50 m	2.58	2.08	0.02	60.2	57.3	0.000010	0.25	0.12	1.55	0.63	0.396	120.1	34.1
245.50 m	2.58	2.09	0.11	60.1	54.4	0.000053	0.25	0.12	1.55	0.64	0.397	124.4	35.5
368.20 m	2.64	2.21	0.71	58.9	53.6	0.000320	0.26	0.13	1.55	0.68	0.403	125.7	37.1
378.30 m	2.67	2.22	0.01	58.3	62.0	0.000004	0.26	0.13	1.55	0.71	0.406	113.8	34.3

Fonte: a autora (2016)

Tabela 26 - Cálculos Hidráulicos para os Trechos 144.60 m, 183.10 m, 193.90 m, 234.50 m, 245.50 m, 368.20 m e 378.30 m.

	Seção Combinada													
	Seção Única													
	Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)	
Ant.	144.6 m	2.1	1.6	-	-	3.3	5.3	0.63	0.017	10.6	0.19	0.018	5.8	19.5
Post.	144.6 m	2.1	1.6	-	-	3.3	5.3	0.63	0.013	10.6	0.19	0.018	7.6	25.5
Ant.	183.1 m	2.2	1.50	2.30	0.6	3.3	5.2	1.03	0.017	38.5	0.19	0.005	4.2	19.7
Post.	183.1 m	2.2	1.50	2.30	0.6	3.3	5.2	1.03	0.013	38.5	0.19	0.005	5.5	25.7
Ant.	193.9 m	2.0	1.35	-	-	2.7	4.7	0.57	0.017	10.8	0.06	0.006	3.0	8.1
Post.	193.9 m	2.0	1.35	-	-	2.7	4.7	0.57	0.013	10.8	0.06	0.006	3.9	10.7
Ant.	234.5 m	2.0	1.5	2.35	0.8	3.0	5.0	1.08	0.017	40.6	0.02	0.0005	0.9	4.7
Post.	234.5 m	2.0	1.5	2.35	0.8	3.0	5.0	1.08	0.013	40.6	0.01	0.0002	1.2	6.1
Ant.	245.5 m	2.0	1.75	-	-	3.5	5.5	0.64	0.017	11.0	0.11	0.010	4.3	15.2
Post.	245.5 m	2.0	1.75	-	-	3.5	5.5	0.64	0.013	11.0	0.12	0.011	5.9	20.8
Ant.	368.2 m	2.0	2.4	-	-	4.8	6.8	0.71	0.017	122	0.71	0.006	3.5	17.0
Post.	368.2 m	2.0	2.4	-	-	4.8	6.8	0.71	0.013	122	0.71	0.006	4.6	22.2
Ant.	378.3 m	2.1	1.95	-	-	4.1	6.0	0.68	0.017	10.1	0.01	0.001	1.4	5.8
Post.	378.3 m	2.1	1.95	-	-	4.1	6.0	0.68	0.013	10.1	0.01	0.001	1.8	7.6

Fonte: a autora (2016)

Nota-se que somente o revestimento das paredes laterais através da modificação do coeficiente de Manning para 0.013, não irá solucionar o problema para nenhum dos trechos, sendo preciso partir para uma medida mais estrutural o redimensionamento da altura do canal levando em consideração a compatibilização a montante. Entretanto a altura necessária para

transportar a vazão e muito grande tornando impossível de compatibilizar com a estrutura a montante. Conforme pode-se ver na tabela 27.

Tabela 27 - Redimensionamento da Altura do Canal

	Redimensionamento da altura do canal		Seção Combinada		Seção Única		Área molhada	Per. molhado	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)
	Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal											
144.60 m	2.1	1.6	-	-	3.3	5.3	0.63	0.013	10.6	0.19	0.018	7.6	25.5		
183.10 m	2.2	1.5	2.30	1.2	3.3	5.2	1.22	0.013	38.5	0.19	0.005	6.1	37.4		
193.90 m	2.0	3.7	-	-	7.4	9.4	0.79	0.013	10.8	0.06	0.006	4.8	36.1		
234.50 m	2.0	5.0	2.35	4.2	10.0	12.0	1.75	0.013	40.60	0.01	0.0002	1.7	34.8		
245.50 m	2.0	2.8	-	-	5.6	7.6	0.74	0.013	11.0	0.12	0.011	6.5	36.7		
368.20 m	2.0	3.8	-	-	7.6	9.6	0.79	0.013	122.7	0.71	0.006	5.0	38.0		
378.30 m	2.1	7.3	-	-	15.3	16.7	0.92	0.013	10.1	0.01	0.001	2.2	35.0		

Fonte: a autora (2016)

Sendo assim, uma outra medida a ser adotada seria o rebaixamento e aterramento em certos trechos do canal a partir do trecho 144.60 metros até o trecho de 378.30, levando em consideração a cota jusante do trecho 144.60 metros e a cota montante do trecho 378.30 metros juntamente com o redimensionamento das seções do canal. As novas seções transversais do canal são demonstradas na tabela 28.

Tabela 28 - Redimensionamento da Seção Transversal do Canal

	Redimensionamento da seção transversal do canal				Seção Combinada		Seção Única		Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)	Q pluvial (m³/s)	Verificação
	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada	Per. molhado													
144.60 m	2.8	1.6	4.4	6.0	0.75	0.013	10.6	0.19	0.018	8.4	37.9	36.2	OK!				
183.10 m	3.5	2.0	7.0	7.5	0.93	0.013	38.5	0.19	0.005	5.1	36.1	36.0	OK!				
193.90 m	4.2	1.55	6.5	7.3	0.89	0.013	10.8	0.06	0.006	5.3	34.5	35.1	OK!				
234.50 m	4.2	1.60	6.7	7.4	0.91	0.013	40.6	0.22	0.0054	5.3	35.6	34.1	OK!				
245.50 m	3.6	1.70	6.1	7.0	0.87	0.013	11.0	0.08	0.007	6.0	36.7	35.5	OK!				
368.20 m	3.4	2.35	7.9	8.1	0.99	0.013	122.7	0.49	0.004	4.8	38.4	37.	OK!				
378.30 m	3.7	1.85	6.85	7.4	0.93	0.013	10.10	0.06	0.006	5.63	38.5	34.3	OK!				

Fonte: a autora (2016)

Para o trecho 425.80 metros devem ser feitos o revestimento das paredes com concreto liso, e o aumento da altura do canal de 45 centímetros para atender a vazão pluvial calculada. As tabelas 29 e 30 exemplificam os cálculos de verificações.

Tabela 29 - Cálculos Hidrológicos do Trecho 425.20 metros

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
425.20 m	2.68	2.27	0.9	58.1	54.3	0.0003	0.26	0.13	1.56	0.72	0.40	124.6	37.7

Fonte: a autora (2016)

Tabela 30 - Cálculos Hidráulicos do Trecho 425.20 metros

		Seção Combinada		Seção Única										
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m ³ /s)
Ant.	425.20 m	2.1	2.25	-	-	4.7	6.6	0.72	0.017	46.9	0.52	0.01	4.9	23.4
Post.	425.20 m	2.1	2.70	-	-	5.6	7.5	0.76	0.013	46.9	0.53	0.01	6.7	38.4

Fonte: a autora (2016)

Logo para os trechos restantes de 474.10 metros e 548.30 metros, foi proposto fazer o revestimento das paredes laterais juntamente com o aumento da altura do canal. Entretanto essa altura necessária para transportar a vazão pluvial calculada é elevada, se tornando incompatível, como podemos ver na tabela 33.

Tabela 31 - Cálculos Hidrológicos dos Trechos 474.10 metros e 548.30 metros

	Área (m ²)	L Talvegue (km)	Dif. Cota (m)	Cober. Veg. (%)	Tc (min)	Decliv. (m/m)	A asfaltada (m ²)	A inst. (m ²)	A verdes (km ²)	A lotes (m ²)	Cm	Im (mm/h)	Q pluvial (m ³ /s)
474.10 m	2.69	2.32	0.33	58.3	57.2	0.0001	0.27	0.13	1.57	0.71	0.40	120.3	36.5
548.30 m	2.71	2.40	0.86	58.0	56.9	0.0003	0.27	0.13	1.57	0.73	0.40	120.7	37.0

Fonte: a autora (2016)

Tabela 32 - Cálculos Hidráulicos dos Trechos 474.10 metros e 548.30 metros

		Seção Combinada													
		Seção Única													
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Declividade (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)	
Ant.	474.10 m	2.60	1.85	-	-	4.8	6.3	0.76	0.017	48.9	0.33	0.007	4.0	19.4	
Post.	474.10 m	2.60	1.85	-	-	4.8	6.3	0.76	0.013	48.9	0.33	0.007	5.2	25.3	
Ant.	548.30 m	2.65	1.35	-	-	3.5	5.3	0.67	0.017	74.2	0.86	0.012	4.8	17.3	
Post.	548.30 m	2.65	1.35	-	-	3.5	5.3	0.67	0.013	74.2	0.86	0.012	6.3	22.6	

Fonte: a autora (2016)

Tabela 33 - Redimensionamento da Altura do Canal para Trechos 474.10 metros e 548.30 metros

		Redimensionamento da altura do canal													
		Seção Combinada													
		Seção Única													
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)	
474.10 m	2.60	2.6	-	-	6.7	7.8	0.87	0.013	48.9	0.33	0.007	5.7	38.8		
548.30 m	2.65	2.0	-	-	5.3	6.6	0.80	0.013	74.2	0.86	0.012	7.1	37.7		

Fonte: a autora (2016)

Sendo assim foi preciso adotar uma medida mais estrutural, o redimensionamento da seção transversal do canal, em que é demonstrada na tabela 34.

Tabela 34 - Redimensionamento da Seção do Canal para Trechos 474.10 metros e 548.30 metros

		Redimensionamento da seção do canal													
		Largura do canal	Altura do canal	Largura do canal	Altura do canal	Área molhada (m)	Per. molhado (m)	Rh (m)	n Manning	Comp. trecho (m)	Dif. De cotas (m)	Decliv. (m/m)	V média (m/s)	Q (m³/s)	Q pluvial (m³/s)
474.10 m	3.7	1.75	-	-	6.4	7.2	0.9	0.013	48.9	0.33	0.007	5.8	38.1	36.5	
548.30 m	3.9	1.35	-	-	5.2	6.6	0.8	0.013	74.2	0.86	0.012	7.1	37.5	37.0	

Fonte: a autora (2016)

Através de todas essas verificações descritas acima foi possível propor soluções que realmente irão extinguir as inundações constantes do Córrego Bambus.

6 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E SERVIÇOS

As verificações realizadas neste estudo são apenas de parâmetros hidráulicos, sendo necessária a verificação estrutural do projeto para a execução, na qual poderá alterar alguma especificação descrita neste memorial.

6.1 Descrição dos Serviços Executados

A partir de todas essas análises feitas trecho a trecho, pode ser verificado conjuntos de medidas para cada trecho no qual tem o intuito de comportar a vazão pluvial. Desse modo acabando com as enchentes nesses locais.

Para o trecho a jusante somente o trecho 973,00 metros não comporta a vazão pluvial calculada. Dessa forma, será executado o serviço de revestimento das paredes laterais com o concreto liso, diminuindo o coeficiente de Manning para 0,013, assim aumentando a capacidade de transporte.

Em seguida tem-se o trecho 18,75 metros, na qual será executado a recomposição das paredes do canal de concreto para gabião, visando diminuir a velocidade de escoamento através da alteração do coeficiente de Manning para 0,035.

No trecho de 134,00 metros será necessário fazer a recomposição da base onde o fundo do canal está erodido e o revestimento das paredes laterais com o coeficiente de Manning de 0,013, e ainda a criação de um degrau vertical de 35 centímetros, com a finalidade de diminuir velocidade e dissipar energia.

Os trechos 144,60 metros, 183,10 metros, 193,90 metros, 234,50 metros, 245,50 metros, 368,20 metros e 378,30 metros serão demolidos e implantada uma nova seção transversal com o rebaixamento e aterramento para alguns desses trechos, levando em consideração a cota jusante do trecho 144,60 metros e a cota montante do trecho 378,30 metros.

É essencial a retirada e relocação das vigas de sustentação das paredes do canal onde as mesmas se encontram locadas entre a seção do canal nos trechos 134,00, 183,10 e 234,50 metros. E logo depois deveram ser realocadas para a borda superior do canal.

No entanto o trecho 425,80 metros será executado o serviço de revestimento das paredes laterais com concreto liso e o aumento da altura do canal de 45 centímetros.

Logo para os trechos restantes de 474,10 metros e 548,30 metros serão demolidas e construída uma nova seção compatível com a vazão pluvial estimada para os mesmos.

6.2 Serviços Preliminares

Os serviços preliminares abrangem a instalação da placa de identificação da obra com estrutura conforme o modelo do agente financiador.

Deverá ser instalado o canteiro de obra que abrange construções provisórias e demais dispositivos para o funcionamento adequado da obra. Deverão ser executados a instalação de vestiários, depósitos e tapumes, e as ligações provisórias de esgoto, água e luz de acordo com normas vigentes.

A locação e nivelamento do novo eixo do canal deve ocorrer conforme o projeto, no qual inclui o novo greide do canal para algumas das seções redimensionadas. Na locação e nivelamento deverão utilizar equipamentos topográficos.

A sinalização de trânsito, deverá ser feita nos locais em obra que ofereçam risco à pedestres e trânsito de veículos.

Será utilizado ensecadeira para desvio da água com terra compactada, com utilização de equipamento mecânico, no qual será executado uma rede provisória de desvio do canal que tem a função de captar as águas provenientes da chuva e os esgotos das residências que eram lançadas no canal. O desvio será feito na margem direita sentido norte, pelo fato de possui tráfego menos intenso que a margem esquerda.

6.3 Demolições

A execução da obra abrange demolições das seções transversais que foram redimensionadas, nos quais deveram ser demolidas utilizando ferramentas adequadas e obedecendo aos critérios de segurança recomendados. O material deverá ser transportado para local conveniente e posteriormente retirado da obra como entulho.

O mesmo ocorre para as vigas de sustentação das paredes do canal onde as mesmas se encontram localizadas entre a seção do canal nos trechos 134.00, 183.10 e 234.50 metros.

6.4 Desassoreamento e Limpeza da Área com Bota Fora

Será feita uma limpeza na extensão do canal analisada, em que será executada com a retirada de toda matéria orgânica, vegetação e destroços com carga e descarga e transporte da mesma para o bota fora. Todo entulho gerado pela execução da obra também deverá ser colocado no bota fora.

6.5 Movimentação de Terra

Será executada escavação mecânica, manual, carga, e descarga do entulho/terra no bota fora para as seções redimensionadas e para as seções do trecho 18.75 metros e 1340.00 metros, e também a para o desvio do canal.

O reaterro das valas deverá ser executado com material isento de matéria orgânica e serão realizados com material proveniente do corte.

A regularização e nivelamento do fundo do canal com terra, compactada em camadas de 20,0 cm com controle topográfico.

6.6 Estruturas de Gabião

Será executado gabião tipo colchão no fundo do canal no trecho 18.75 metros com pedra de matacão com diâmetro de 125 mm de acordo com a velocidade máxima de escoamento de 6.4 m/s. A estrutura do gabião tipo colchão terá dimensões de 2.00 m x 3.0 m.

E as paredes laterais serão feitas com gabião tipo caixa com dimensões especiais de 1.50x1.0x1.0 metros e 2.0x1.0x1.0 metros, feitos com pedra de mão com diâmetro de 125 mm.

O processo executivo se inicia na escavação das valas, em que se executa um forro delgado de areia para regularização do fundo da vala, sendo que este forro de areia é envolto por uma manta geotêxtil não tecida tipo “Bidim”. Em seguida, é lançada uma nova camada de areia de 30 cm, com a função de ser uma zona filtrante entre os solos de fundação e a camada de seixos. Em cima, lança-se 20 cm de seixo, que possui a funcionalidade ser uma zona drenante capaz de evacuar as águas de infiltração.

6.7 Estruturas de Concreto

As seções redimensionadas serão executadas em concreto armado para laterais, fundo e laje, variando alturas e larguras conforme descrição no projeto.

Será executado um lastro de concreto magro, $F_{ck}=15\text{MPa}$, entre as estacas com 30cm de largura e 20cm de altura para a execução dos painéis de concreto armado.

A execução dos painéis consiste na colocação das armaduras de aço ao longo das estacas e terão espessura de 11 cm, e altura conforme projeto, com concreto de $f_{ck}\geq 25\text{mpa}$, sendo que a desforma será feita com 7 dias, após a execução da concretagem, e seu carregamento lateral com 28 dias, o mesmo serve para as paredes do fundo do canal e para a laje.

As formas das paredes deverão ser executadas com painéis de chapa de madeira compensada plastificada na face interior do canal e resinada na face externa.

ESPECIFICAÇÃO PARTICULAR DOS MATERIAIS

Resistência característica do concreto: $\geq 25,0$ Mpa

Resistência característica do aço: $5,0$ t/cm²

Tipo de aço: CA-50B e CA-60B

Cobrimento mínimo das armaduras: 4,00cm

Fornecimento e cravação de tirante de ancoragem executado em eucalipto tratado, diâmetro médio de 12 cm, comprimento $L= 3,20$ metros e cabo de aço duplamente galvanizado tipo SM, diâmetro nominal 5/16”, para sustentação dos painéis.

6.8 Revestimento das paredes laterais

O revestimento das paredes laterais serão com um acabamento liso onde as paredes já são de concreto, somente iram receber uma camada de 2 centímetros de argamassa para a regularização, e assim diminuindo o coeficiente de Manning adotado de 0,017 para 0,013 para o concreto liso.

6.9 Recomposição do fundo do canal

A recomposição do fundo do canal será feita o trecho 134.00 metros, pois o mesmo está em processo erosivo, devido as altas velocidades de seu trecho a jusante. Sendo assim, serão recompostos por concreto armado através do mesmo processo para as estruturas redimensionadas.

6.10 Dreno Lateral

O dreno consiste na execução de tubos de PVC-50 mm para esgoto de 41cm de comprimento, sendo 11,0 cm na parede do canal e 30,0 cm para o talude, este restante de 30,0 cm será colocado brita nº 03, com volume de (30,0x30,0xcomp) em cm, envoltos por manta geotêxtil nos quatros lados, sendo colocados a cada 1,50 metros, com uma altura do greide do canal de 50,0 cm.

7 QUANTITATIVOS E ESTIMATIVAS DE CUSTO

Tabela 35 - Planilha de Custos

					
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CUSTOS					
OBRA: REESTRUTURAÇÃO DO CÓRREGO BAMBUS				FOLHA:	1
LOCAL: TRÊS PONTAS – MG					
MÊS DE REFERÊNCIA: OUTUBRO/2016					
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				15,714.94
1.1	Placa de obra	m ²	5.00	166.38	831.90
1.2	Locação do novo greide do canal	m	409.97	4.56	1,869.46
1.3	Nivelamento geométrico de fundo do canal ou córrego	m	409.97	5.97	2,447.52
1.4	Escritório de obra (Padrão SUDECAP) tipo I	unid.	1.00	4,729.02	4,729.02
1.5	Instalação sanitária	unid.	1.00	1,702.95	1,702.95
1.6	Vestiário (padrão SUDECAP) tipo I	unid.	1.00	3,605.01	3,605.01
1.7	Padrão Cemig - Trifásico até 30 kva	unid.	1.00	529.09	529.09
2	DEMOLIÇÕES				202,964.92
2.1	Demolições de estrutura canalizada em concreto armado (trechos redimensionados)	m ³	1,804.42	92.40	166,728.45
2.2	Demolições das vigas de sustentação em concreto armado (trechos 134.00, 183.10 e 234.50 m)	m ³	27.64	92.40	2,553.71
2.4	Carga mecânica de material de qualquer natureza	m ³	1,832.06	1.60	3,025.29
2.5	Transporte de material de qualquer natureza - 4 km < DMT <= 5,0 km (3873.26 m ³ x 4,0 km)	m ³ x km	7,328.23	1.75	3,025.29
2.3	Demolição de pavimento asfáltico, inclusive capa, inclui carga no caminhão (trechos redimensionados e para desvio do canal)	m ²	2,059.03	13.42	27,632.18
3	DESASSOREAMENTO E LIMPEZA DA ÁREA COM BOTA FORA				170,406.18
3.1	Desassoreamento, limpeza e remoção de material	m ³	1,134.00	150.27	170,406.18
4	ESCORAMENTO/ ENSECADDEIRA				252,256.48
4.1	Escoramento de vala c/prancha metálica e entroncamento com perfil metálico	m ²	3,969.00	27.92	110,814.48
4.2	Escoramento para galerias moldadas, utilizando perfis metálicos, com reaproveitamento	m ²	729.83	169.57	123,757.27
4.3	Ensecadeira com terra, compactada com utilização de equipamento mecânico (retroescavadeira)	m	567.00	31.19	17,684.73

5	MOVIMENTAÇÕES DE TERRA				171,667.97
5.1	BOTA FORA				
5.1.1	Escavação manual em córregos (1078.14x1x0,5)	m ³	543.29	82.36	44,745.36
5.1.2	Escavação manual em córregos para nivelamento de seções rebaixadas	m ³	42.54	82.36	3,503.69
5.1.3	Escavação mecânica em córregos - (trechos redimensionados e para desvio do canal)	m ³	5,891.31	5.19	30,575.87
5.1.4	Carga mecânica de material de qualquer natureza - e = 30 cm	m ³	8,420.28	1.56	13,135.63
5.1.5	Transporte de material de qualquer natureza 2 km < DMT <= 5,0 km (8414.79 m ³ x 4,0 km)	m ³ x km	33,681.1 1	1.75	58,941.94
5.2	REGULARIZAÇÃO DO FUNDO E DAS LATERAIS DO CANAL				
5.2.1	Transporte de material de qualquer natureza - 2 km < DMT <= 5,0 km (700.79 m ³ x 4,0 km)	m ³ x km	2,825.11	1.71	4,830.93
5.2.2	Reaterro de valas compactado com equip. Placa vibratória ou equivalente	m ³	543.29	15.33	8,328.64
5.2.3	Regularização e compactação do fundo e das laterais do canal com terra, compactada em camadas de 20 centímetros.	m ³	776.90	9.79	7,605.90
6	ESTRUTURAS DE GABIÃO				67,874.31
6.1	MANTA GEOTÊXTIL				
6.1.1	Fornecimento e colocação de manta geotêxtil com resistência à tração longitudinal de 31kn/m e tração transversal de 27kn/m	m	18.75	9.63	180.56
6.2	LASTRO DE AREIA				
6.2.1	Fornecimento e execução de lastro de areia - e = 30 cm	m ³	3.75	80.30	301.13
6.3	LASTRO DE BRITA				
6.3.1	Fornecimento e execução de lastro de brita - e = 20 cm	m ³	3.13	94.16	294.25
6.4	GABIÕES				
6.4.1	Fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,30m, de malha 6 x 8cm, galvanizado, revestido em pvc, de fio ø = 20,0mm (trecho 18.75 m e para seções redimensionadas)	m	112.50	152.14	17,115.75
6.4.2	Fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00m, de malha 8 x 10cm, galvanizado, de fio ø = 2,7mm	m	131.25	380.82	49,982.63
7	ESTRUTURAS DE CONCRETO				623,865.70
7.1	MANTA GEOTÊXTIL				
7.1.1	Fornecimento e colocação de manta geotêxtil com resistência à tração longitudinal de 31kn/m e tração transversal de 27kn/m	m	724.39	9.63	6,975.84
7.2	LASTRO DE AREIA				
7.2.1	Fornecimento e execução de lastro de areia - e = 30 cm	m ³	217.32	80.30	17,450.47
7.3	LASTRO DE BRITA				
7.3.1	Fornecimento e execução de lastro de brita - e = 20 cm	m ³	181.10	94.16	17,052.06
7.4	LASTRO DE CONCRETO				
7.4.1	Execução de concreto simples, Fck 15 Mpa, entre estacas, espessura 0,30 x 0,20 m	m ³	78.67	350.00	27,534.50

7.5	FORMAS				
7.5.1	Forma para galeria pré-moldada	m ²	2,039.07	44.22	90,167.68
7.6	FORNECIMENTO E CRAVAÇÃO DE ESTACAS PRÉ-MOLDADAS				
7.6.1	Fornecimento e cravação de estacas pré-moldada em concreto armado, diâmetro 23 cm	m	409.97	105.36	43,194.34
7.7	FORNECIMENTO E CONCRETAGEM DO FUNDO DO CANAL EM CONCRETO ARMADO				
7.7.1	Fornecimento e concretagem de concreto armado	m ³	108.66	850.00	92,359.30
7.8	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE TIRANTE DE ANCORAGEM				
7.8.1	Fornecimento e cravação de tirante de ancoragem executado em eucalipto tratado, diâmetro médio 12 cm - L = 3,20 m e cabo de aço duplamente galvanizado tipo SM, diâmetro nominal 5/16"	unid.	256.23	40.00	10,249.23
7.9	FORNECIMENTO E CONCRETAGEM DE PAINEL EM CONCRETO ARMADO				
7.9.1	Fornecimento e concretagem de painel em concreto armado	m ³	224.30	850.00	190,653.05
7.10	FORNECIMENTO E CONCRETAGEM DE LAJE MACIÇA				
7.10.1	Fornecimento e execução de laje maciça	m ³	122.99	850.00	104,542.12
8	DRENO LATERAL				
8.1	Execução de dreno lateral, com fornecimento de todo material, tubo de PVC, brita 2 e geotil	unid.	455.52	52.00	23,687.10
9	REVESTIMENTO DAS PAREDES LATERAIS / SERVIÇOS COMPLEMENTARES				503,482.96
9.1	Revestimento com 2 cm de argamassa cimento e areia 1:3	m ²	2,604.90	39.40	102,633.06
9.2	Revestimento de mistura asfáltica tipo cpa com borracha (sem transporte)	m ³	617.71	646.73	399,490.94
9.3	Transporte de pavimento asfáltico	m ³ x km	3,088.55	0.44	1,358.96
	TOTAL DA OBRA				RS2,008,233.47

Fonte: a autora (2016)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da revisão bibliográfica realizada nesse trabalho, seguida da análise hidrológica do município e a caracterização do sistema drenagem existente, foi possível constatar a incapacidade de transporte de vazões para período de retorno adotado. Concluindo que o sistema de macrodrenagem se tornou deficiente com o passar dos anos por ser uma construção antiga, na qual possui cerca de 80 anos, que pode ter sido projetada para períodos de retornos inferiores a 100 anos. E com o crescimento da cidade e o aumento da impermeabilização do solo, influenciou ainda mais o aparecimento das enchentes. São poucas as alterações notáveis feitas na seção inicial, pois a cidade se desenvolveu em volta do curso d'água onde os espaços de alargamento se tornaram restritos.

As inundações nesse trecho possuem relações diretas com o estrangulamento de certos trechos, causados pela redução das dimensões do canal ou ainda a alteração de seção geométrica. As altas velocidades provocam a erosão do fundo em dados pontos. E a baixa declividade propicia o acúmulo de detritos e lixos em trechos de extensão do canal. O assoreamento e o processo de erosão são pontos que reduzem a capacidade de transporte, sendo necessário ter manutenções e controle constantes de ambos, pois o bom funcionamento do canal ocorre quando a sua seção inicial é mantida. A locação das vigas de sustentação das paredes na seção do canal também é considerada um problema pois dificulta a passagem da água, cria-se obstáculos que tendem a criar um remanso hidráulico nesta área. Esses são um dos problemas diagnosticados na rede de macrodrenagem do córrego Bambus.

Desse modo foram propostas medidas de solução tais como o revestimento das paredes laterais de concreto sem acabamento para um concreto liso, visando aumentar a vazão comportada. O aumento da atura do canal para trechos onde puderam ser compatibilizadas. E para trechos onde havia uma velocidade muito alta devido a declividades elevadas foi proposto fazer a recomposição das paredes laterais e o fundo para gabião, no qual possuem uma rugosidade maior, o que de certa forma aumenta o atrito entre a água e as paredes do canal retardando o escoamento, e assim diminuindo a velocidade. Entretanto para outro trecho foi proposto fazer a recomposição da base, pois o mesmo foi erodido, e a construção de um degrau vertical como forma de diminuir a velocidade de escoamento e dissipar energia. E ainda tiveram trechos onde as medidas menos estruturais não solucionaram o problema, então a solução encontrada foi fazer o redimensionamento da seção.

Uma outra questão a ser exposta é que a Prefeitura Municipal de Três Pontas acaba contribuindo de certa forma ainda mais para as inundações nesse local, pois mesmo tendo uma legislação específica para a ocupação em áreas propícias as enchentes permite que ocorra o processo de verticalização as margens, causando um adensamento e ainda aprova a implementação de novos loteamentos dentro da bacia de contribuição. Esses fatores tendem agravar mais ainda as inundações nesse local.

Através de todos esses aspectos abordados nesse estudo pode-se encontrar medidas de soluções que de fato irão resolver o problema das inundações constantes nesse local e contribuir com as condições de vida da população e comerciantes locais.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Blucher, 1998.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CODEMA 002/2013. Dispõe sobre medidas de caráter ambiental a serem implementadas pelo Município de Três Pontas visando a prevenção de inundações na área urbana municipal, e dá outras providências. Disponível em:

<http://www.trespontas.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Resolucao_2_2013?cdLocal=5&arquivo=%7B6A3AACCB-43CA-CAA4-A44C-CE7600BBB113%7D.pdf> acesso em 23 de setembro de 2016 às 9:45.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE, **Hidrologia e Hidráulica Conceitos Básicos e Metodologias**. 2006. Disponível em:

<<ftp://ftp.ifes.edu.br/Cursos/Geomatica/Geraldo/InfraEstrutura/ProjetoGeometrico/HidrologiaaeHidraulica/DrenagemBarragens02.pdf>> acesso em 30 de abril às 11:34.

DRENAGEM URBANA: **Manual de projetos** [por] Departamento das Águas e Energia Elétrica [E] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2 ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980.

DRENAGEM URBANA / organizado por Carlos E. M. Tucci, Ruben La Laina Porto, Mario T. de Barros. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade UFRGS, 1995.

EQUIPE POSITIVA. Fotos enchentes. Disponível em: < www.equipepositiva.com> acessado em 23 de março de 2016.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Hidrologia** / Lucas Nogueira Garcez, Guillermo Acosta Alvarez. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1988.

GOOGLE. **Google Earth**. Três Pontas – MG. Acessado em 24 e abril de 2016.

GLOBAL MAPPER. **Blue Marble Geographics**. Acessado em 26 de abril de 2016.

IGAM Instituto de Gestão das Águas Mineiras. **Mapoteca** disponível em:

<<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/Mapas/2-2012/2012-a4-gd12345-2t.png>> acessado em 6 de maio de 2016 às 16:47.

MORALES, Paulo Roberto Dias. **Curso de Drenagem Urbana e Meio Ambiente** / colaboradores Saul Germano Rabello Quadros, Adriano da Rocha Reis. Rio de Janeiro, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE – Departamento De Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de Drenagem Urbana Manual de Drenagem Urbana**. Vol. 6. Porto Alegre, 2005

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas Para Projetos De Drenagem Urbana No Município De São Paulo**. São Paulo. 1999

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. **Mapa da Cidade Atualizado**. Secretaria de Obras. 2013. Pen-drive.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. **Mapa da Cidade 1937**. Secretaria de Obras. 2013. Pen-drive.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. **Conheça Três Pontas A Terra Da Musica e A Capital Mundial Do Café**. Disponível em:
<http://www.trespontas.mg.gov.br/mat_vis.aspx?cd=6497> acessado em 4 de abril de 2016 as 17:55.

PLÚVIO. Universidade Federal de Viçosa. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. 2016.

THIERRY, Celso de Rezende. **Normas para Projetos de Drenagem Urbana** / Celso de Rezende Thierry, Sergio Bianconcini. disponível em:
<http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_80_n_871.pdf> acesso em 3 de abril de 2016 às 16:08.

TOMAZ, Plinio. **Fórmula de Manning e Canais**. 2011. Disponível em:
<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo_50_formula_de_manning_galerias_e_canaes.pdf> acessado em 28 de abril de 2016 às 18:32.

TOMAZ, Plinio. **Período de Retorno**. 2010. disponível em:
<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo03.pdf> acesso em 10 de abril de 2016 às 22:35.

TOMAZ, Plinio. **Tempo de Concentração**. 2013. Disponível em:
<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo04.pdf> acesso em 3 de abril de 2016 às 15:23.

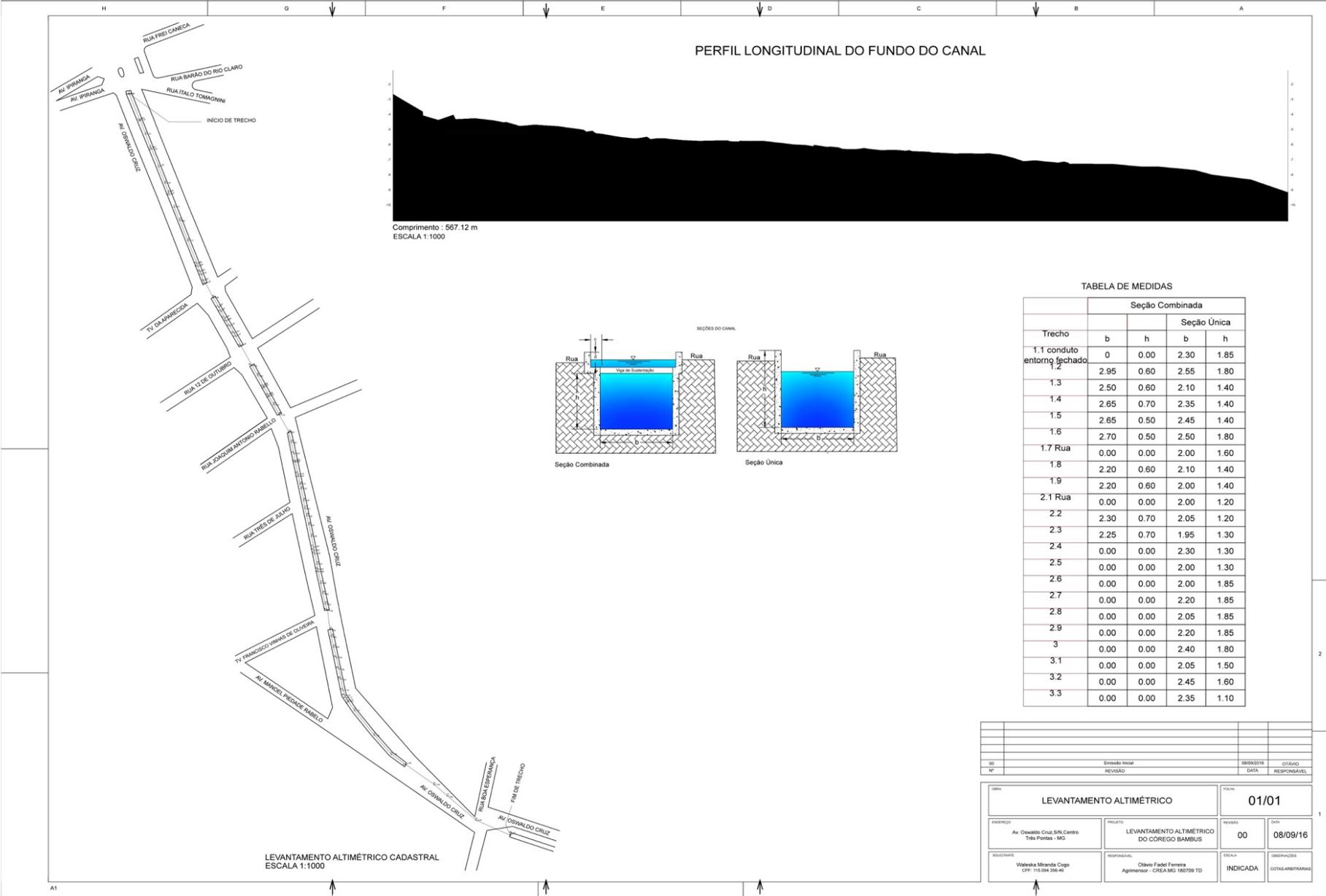
VASCONCELOS, Ivana Prado. **Notas de Aula**. Varginha. 2016.

CHOW, VEN TE. **Open channel hydraulics**. Singapore: McGraw-hill, 1985.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

ANEXO A - Levantamento Planimétrico do Córrego Bambus

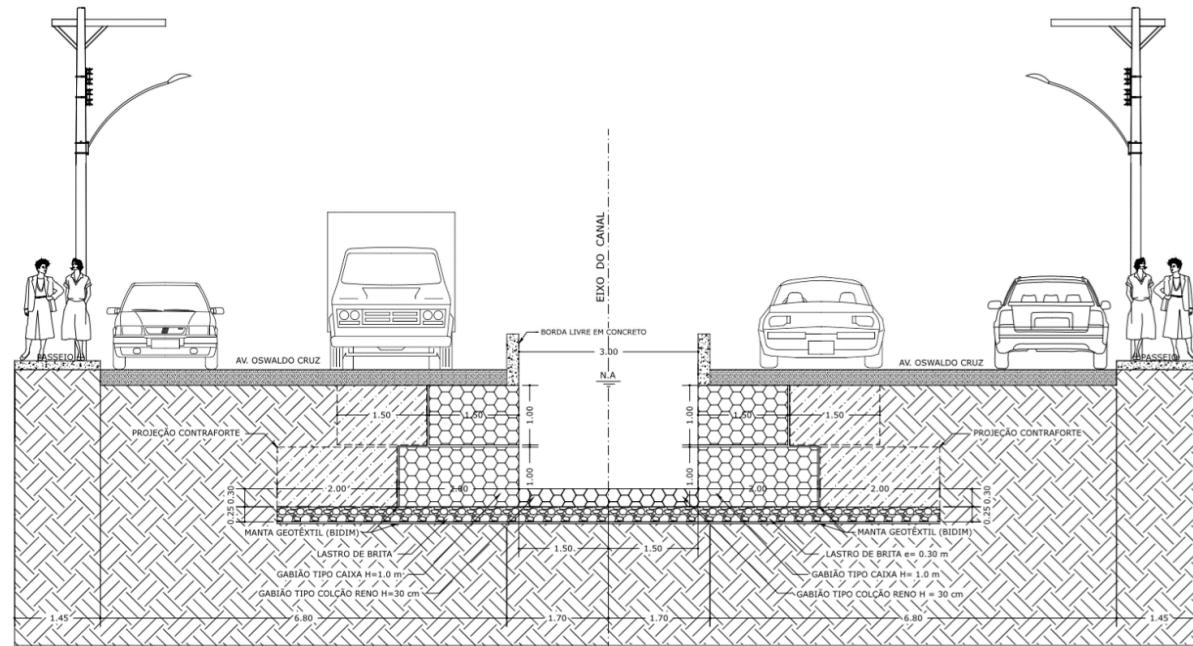


ANEXO B - Detalhamento da Seção Tipo Redimensionada em Gabião

RESTRUTURAÇÃO DO CÓRREGO BAMBUS

1ª ETAPA = TRECHO 18.75 METROS

SEÇÃO TIPO DO CANAL EM GABIÃO



SEÇÃO TIPO DO CANAL EM GABIÃO

ESCALA: 20/1

	PROPRIETÁRIO CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS/MG	
AUTOR DO PROJETO: _____ WALESKA MIRANDA COGO	OBRA REESTRUTURAÇÃO DO CÓRREGO BAMBUS	ESCALA 20:1
PROPRIETÁRIO : _____ CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS/MG	PROJETO: SEÇÃO TIPO DO CANAL EM GABIÃO TRECHO 18.75 M	DATA OUTUBRO/2016
	ASSUNTO: DETALHAMENTO DA SEÇÃO EM GABIÃO	PRANCHA Nº 1

ANEXO C - Detalhamento da Seção do Canal Redimensionada em Concreto Armado

