



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
*CAMPUS DE POMBAL-PB*

Ulisses Cardoso Dourado Guimarães

**PROPOSTA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA O BAIRRO CENTRO  
1 DA CIDADE IRECÊ-BA**

POMBAL – PB

2017

Ulisses Cardoso Dourado Guimarães

**PROPOSTA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA O BAIRRO CENTRO  
1 DA CIDADE IRECÊ-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof.º Dr.º Manoel Moises Ferreira de Queiroz

POMBAL – PB

2017

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL  
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

MON  
G963p

Guimarães, Ulisses Cardoso Dourado.

Proposta do sistema de drenagem urbana para o bairro Centro 1 da cidade de Irecê - BA / Ulisses Cardoso Dourado Guimarães. – Pombal, 2017.

54f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Manoel Moises Ferreira de Queiroz".

1. Drenagem urbana. 2. Chuvas intensas. 3. Inundações. 4. Vazão de projeto. 5. Linha de energia. I. Queiroz, Manoel Moises Ferreira de. II. Título.

UFCG/CCTA

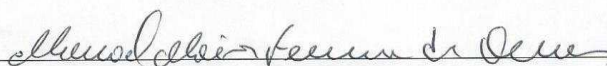
CDU 626.86(043)

ULISSES CARDOSO DOURADO GUIMARÃES

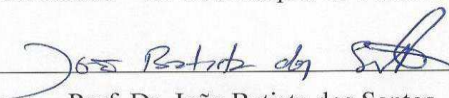
PROPOSTA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA O BAIRRO  
CENTRO 1 DA CIDADE IRECÊ - BA

Aprovado em 18/12/2017

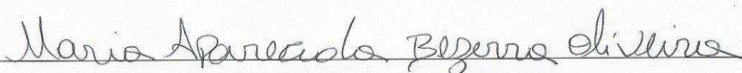
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz  
Orientador – UFCG/Campus de Pombal – PB



Prof. Dr. João Batista dos Santos  
Examinador Interno – UFCG/Campus de Pombal - PB



Profª. Msc. Maria Aparecida Bezerra Oliveira  
Examinadora Externa – Faculdade Santa Maria/Cajazeiras-PB

Pombal – PB

Dezembro 2017

*“Aos meus pais, minha esposa, amigos e familiares, que sempre estiveram comigo em todos os momentos, me ajudando em mais essa etapa de minha vida”.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Nilton e Marluce, que sempre me apoiaram e se fizeram presentes em todos os momentos de minha vida estudantil, hoje sou o que sou graças ao esforço desse casal. Venci essa etapa da minha vida por vocês.

Aos meus amigos que, sempre de forma alegre e descontraída me animava em momentos de angústia, em especial a Tulio, que desde o período da infância esteve comigo, a Tássio, que de forma dura, mas amigável me aconselhava, a Ednaldo Segundo que sinceramente sem ele nem estaria vivo, pois ele foi responsável por me salvar de um afogamento, e aos demais, que não citarei, mas que sabem que sempre carregou comigo em meu coração.

Aos meus familiares quando em momentos que pensei em desistir por conta da distância, sempre com mensagens de apoio e incentivo,

Aos professores do curso de Engenharia Ambiental, por passarem muito mais que conhecimento, onde levarei todas as lições de vida para sempre comigo.

Ao professor Manoel Moisés, por me apoiar em decisões tomadas, e pelo conhecimento que me passou durante meu último ano de curso, pois me via sem direção, e após conhecê-lo em suas disciplinas percebi o que realmente faltava.

A todas famílias que me receberam bem na cidade de Pombal, em especial a família de Francisco, e a de Ednaldo, que acolheu a mim e minha esposa com bastante carinho e amor.

Um agradecimento especial a minha esposa, Sara Guimarães que sempre esteve ao meu lado, principalmente quando pensei em desistir do curso, ela quem me fez perceber o erro que iria cometer, sem ela não estaria apresentando o TCC nem concluindo o curso. Te amo minha pequena.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Características do Balanço Hídrico numa Bacia Urbana. ....	17
FIGURA 2 - Hidrograma de Área Urbanizada e não urbanizada .....	18
FIGURA 3 - Ilustração esquemática dos conceitos de canalização e reservação .....	20
FIGURA 4 - Seção da sarjeta. ....	23
FIGURA 5 - Tipos de Bocas de lobo .....	24
FIGURA 6 - Principais medidas estruturais e não estruturais de controle de enchente.....	26
FIGURA 7 - Localização do Município de Irecê no Estado da Bahia .....	29
FIGURA 8 - Localização do centro de Irecê delimitada pela linha vermelha .....	35
FIGURA 9 - Bairro Centro 1 .....	36
FIGURA 10 - Altitude dentro da área de estudo para traçar sentido da água. ....	38
FIGURA 11 - Trechos divididos em cores .....	39
FIGURA 12 - Sarjetas ao longo de um dos trechos. ....	40
FIGURA 13 - Perfil Longitudinal Trecho I.....	41
FIGURA 14. Perfil Longitudinal Trecho II.....	42
FIGURA 15 - Perfil Longitudinal trecho III. ....	43
FIGURA 16 - Perfil Longitudinal trecho IV. ....	45
FIGURA 17 - Perfil Longitudinal trecho V. ....	46
FIGURA 18 - Perfil Longitudinal trecho VI. ....	47
FIGURA 19 - Perfil Longitudinal trecho VII.....	48
FIGURA 20 - Perfil Longitudinal trecho VIII. ....	49
FIGURA 21 - Perfil Longitudinal trecho IX. ....	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais medidas de controle utilizadas na fonte.....	21
TABELA 2 - Principais elementos da rede de micro drenagem. ....	22
TABELA 3 - Valores de C de acordo com a superfície de revestimento .....	31
TABELA 4 - Relação para Fator Hidráulico de secções circulares. ....	32
TABELA 5 - Tabela relação intensidade, duração e período de retorno .....	37
TABELA 6 - Parâmetros do trecho I.....	40
TABELA 7 - Parâmetros trecho II .....	42
TABELA 8 - Parâmetros Trecho III .....	43
TABELA 9 - Parâmetros trecho IV .....	44
TABELA 10 - Parâmetros trecho V .....	46
TABELA 11 - Parâmetros trecho VI .....	47
TABELA 12 - Parâmetros trecho VII .....	48
TABELA 13 - Parâmetros trecho VIII .....	49
TABELA 14 - Parâmetros trecho IX .....	50



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Variação de Gumbel .....	36
GRÁFICO 2 - Curvas Intensidade Duração Frequência, I-D-F. ....	37
GRÁFICO 3 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de energia do trecho I.....	41
GRÁFICO 4 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho II.....	42
GRÁFICO 5 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de energia trecho III .....	44
GRÁFICO 6 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e linha de energia trecho IV. ....	45
GRÁFICO 7 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho V.....	46
GRÁFICO 8 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VI .....	48
GRÁFICO 9 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VII.....	49
GRÁFICO 10 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VIII.....	50
GRÁFICO 11 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho IX .....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos Especificos .....</b>	<b>14</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Chuvas Intensas .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Inundações.....</b>	<b>16</b>
3.2.1 Inundações devido à urbanização .....	18
<b>3.3. Sistema de Drenagem Urbana .....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Na Fonte .....	20
3.3.2. Micro drenagem.....	22
3.3.3. Perfis longitudinal e transversal de ruas .....	23
3.3.4. Sarjetas e bocas de lobo.....	24
3.3.5. Galerias e poços de visita .....	25
3.3.6. Macrodrenagem.....	26
<b>3.4 Medidas de Controle de Enchentes Urbanas .....</b>	<b>27</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2. Determinar as relações I-D-F e a equação de chuva da cidade de Irecê na Bahia</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Elaborar o projeto de desenho técnico das estruturas de micro e macrodrenagens</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Elaborar o projeto hidráulico-hidrológico da citada área e apresentar os perfis da</b>	<b>32</b>
<b>rede coletora com a respectiva linha de energia. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Apresentar medidas compensatórias do sistema de drenagem urbana e elaborar</b>	<b>35</b>
<b>orçamentos para diferentes configurações do sistema de drenagem .....</b>	<b>35</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCURSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>36</b>
5.1.1 Área de Estudo .....	36
<b>5.2 Determinação da relação I-D- F e a equação de chuva da cidade de Irecê na Bahia</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Projeto de desenho técnico das estruturas de micro e macrodrenagens .....</b>	<b>39</b>
5.3.1 Trechos da drenagem identificados .....	39
<b>5.4 Projeto hidráulico-hidrológico da citada área e Apresentar os perfis da rede</b>	<b>40</b>
<b>coletora com a respectiva linha de energia .....</b>	<b>40</b>
5.4.1 Calculo dos trechos.....	41

5.4.1.1 Trecho I .....	41
5.4.1.2 Trecho II.....	42
5.4.1.3 Trecho III.....	44
5.4.1.4 Trecho IV.....	45
5.4.1.5 Trecho V .....	46
5.4.1.6 Trecho VI.....	48
5.4.1.7 Trecho VII.....	49
5.4.1.8 Trecho VIII .....	49
5.4.1.9 Trecho IX.....	51
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

GUIMARÃES, U, C, D. **Proposta do Sistema de Drenagem Urbana Para o Bairro Centro 1 da Cidade Irecê-BA**. 2017. 54 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017

## RESUMO

Com as mudanças climáticas, percebe-se que as intensidades das chuvas aumentaram em um curto período de tempo, e métodos de saneamento estão sendo elaborados para minimizar problemas gerados por grandes vazões sem escoamento correto, e o método em questão é o de Drenagem Urbana. Portanto, este trabalho teve como objetivo a elaboração de uma proposta de drenagem urbana para o principal bairro da cidade de Irecê no estado da Bahia, onde se encontram grandes comércios e o principal hospital de toda região. Primeiramente foi obtida a equação de chuvas intensas da cidade para calcular a vazão de projeto. A partir daí o centro foi dividido em trechos, já que sua área total é relativamente grande, totalizando nove trechos, onde efetuou-se cálculos para dimensionamento do tamanho de galeria e sua profundidade. E, por fim, foram obtidas as linhas de energias de todos os trechos e ajustando quando necessário a profundidade da cota do greide, para que a linha de energia se adequasse.

**Palavras-Chave:** Chuvas Intensas, Vazão de Projeto, Linha de Energia

GUIMARÃES, U, C, D. **Proposed Urban Drainage System For the Centro Neighborhood 1 of Irecê-ba City**. 2017. 54 pgs. Graduation in Environmental Engineering - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

### **ABSTRACT**

With climate change, it can be seen that rainfall intensities have increased over a short period of time, and sanitation methods are being developed to minimize problems generated by large outflows without proper runoff, and the method in question is Urban Drainage. Therefore, this work had the objective of elaborating a proposal of urban drainage for the main district of the city of Irecê in the state of Bahia, where there are great trade and the main hospital of all the region. First, the city's intense rainfall equation was calculated to calculate the project flow. From then on the center was divided into sections, since its total area is relatively large, totaling nine stretches, where calculations were made for sizing the gallery size and its depth. And, finally, the energy lines of all the stretches were obtained and adjusting when necessary the depth of the dimension of the greide, so that the line of energy adapted.

**Keywords:** Heavy Rain, Project Flow, Power Line

## 1 INTRODUÇÃO

Na realização de estudos hidrológicos, é necessário obter o conhecimento das precipitações máximas observadas nas series históricas e também prever precipitações máximas que podem ocorrer em um local com frequência definida (VILLELA e MATTOS, 1975). Essa previsão pode ser adquirida por meio da análise das chuvas intensas durante um determinado período de tempo longo e significativo dos eventos extremos (BERTONI e TUCCI, 1993).

As chuvas intensas ocorrem em pequenos intervalos de tempo com altas intensidades (ARAÚJO et. al, 2003). Essa característica peculiar provoca certos danos em locais urbanos e também em zonas rurais, dependendo do tipo de solo, do relevo, da cobertura vegetal, geram escoamento superficial com pouca infiltração.

Uma forma de estudos para chuvas com alta intensidade em curtos períodos de tempo, a priori é encontrar a equação de chuva pelas curvas I.D.F. (Intensidade, Duração e Frequência) (DAMÉ; TEIXEIRA; TERRA, 2008). Com a obtenção da equação de chuva, projetos hidráulicos são facilmente elaborados, como por exemplo projetos de drenagens urbanas em cidades.

O aumento demográfico desordenado nas cidades brasileiras causa diversos impactos significativos que vem deteriorando a qualidade de vida da população, provenientes principalmente das inundações e da presença de materiais sólidos em alto volume perto de suas residências, já que nas áreas ditas ocorrem a impermeabilização do solo devido a quantidade de telhados, ruas, pátios, entre outros atrapalhando assim um dos processos naturais mais importantes para evitar esse tipo de alteração em perímetros urbanos que é o escoamento superficial. Esses problemas ocorrem pela forma como as cidades se desenvolvem, pela inexistência de um plano de drenagem urbana, tanto nos bairros já existentes como também nos loteamentos novos.

No Brasil é evidente que há uma deficiência em ações mitigadoras e qualquer tipo de programa para controles de enchentes, e o que normalmente é utilizado é apenas o Plano Diretor Urbano para combater a deficiência, porém ele age de forma isolada, não resolvendo todo o problema de drenagem, devendo ser utilizado de maneira integrada com um plano de drenagem e a legislação vigente.

Em Irecê na Bahia, também não há nenhum tipo de programa de controle de enchentes, sendo assim muitos bairros sofrem com problemas ocasionados pela ausência de um projeto, e o bairro centro da cidade não é diferente, e o estudo foi direcionado para o mesmo, onde se encontra vários problemas de escoamento superficial e enchentes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaborar equação de chuva e propor um plano de drenagem para o bairro centro 1 na cidade de Irecê-Ba.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar as relações I-D- F e a equação de chuva da cidade de Irecê na Bahia;
- Elaborar o projeto hidráulico-hidrológico da citada área;
- Elaborar o projeto de desenho técnico das estruturas de micro e macrodrenagens;
- Apresentar os perfis da rede coletora com a respectiva linha de energia;
- Apresentar medidas compensatórias do sistema de drenagem urbana.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Chuvas Intensas

Pode se dizer que chuva intensas tem como característica intensidade que ultrapassa um valor já estabelecido para determinada aplicação. A área onde ocorre tais chuvas é consideravelmente pequena conhecida como chuvas convectivas, já seu tempo de duração é relativamente curto

Para um correto dimensionamento de obras hidráulicas, é muito importante o conhecimento da relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação. Para cálculos com este, utiliza-se valores máximos médios de intensidade, onde é definida uma relação entre a maior altura pluviométrica ocorrida em um determinado intervalo de tempo.

O período de retorno pode variar de acordo com o empreendimento, sabendo que há vários empreendimentos hidráulicos o período de retorno pode variar de 5 a 10000 anos, onde barragens que trabalham com cheia esse período de retorno vai variar de 1000 a 10000 anos e no caso de obras de canalização de água e pequenas bacias de drenagem esse período de retorno variara entre 5 a 50, ficando claro que o período de retorno dependera do tamanho do empreendimento que pretende instalar (KESSLER, 1978; WILKEN, 1978).

Podendo ter três tipos de series para a análise de frequência de chuvas intensas, que são anual, parcial e completa. No caso das series anuais, são observadas as máximas chuvas de cada ano, desprezando os demais valores do mesmo ano ao qual o valor foi retirando, mesmo o valor de um ano "n" sendo menor que o valor do ano "x". As séries são constituídas por "n" valores máximos verificados em todo intervalo de tempo de estudo, onde esse valor "n" total de anos estudados. Já a série completa, é formada por todos os valores disponíveis.

Segundo MOREIRA et al., (1983) as series anuais são consideravelmente mais simples, por conta da facilidade de obtenção. Na literatura, muitos autores consideram as series anuais com maior representatividade em estudos hidrológicos, onde é notado que sua definição é em termos de sua ocorrência e não de sua magnitude. Só que alguns autores divergem de tais pensamentos, fazendo objeções ao uso das series de máximos anuais, exatamente por se empregar os maiores valores ocorridos em cada ano apenas, indiferentemente de um segundo maior valor em um ano ser o maior valor anual de outros anos (STEDINGER et al., 1992).

A metodologia de serie parciais é comum utilizada quando o numero de anos de dados é inferior a 12 anos, e nos empreendimentos gerados o período de retorno tenha valor inferiores a 5 anos, sendo assim obras relativamente pequenas (BERTONI; TUCCI 1993).



Segundo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA

Pinheiro (1997), disse:

Na análise de frequência de eventos extremos a partir de series de duração parcial, busca-se a modelagem do processo estocástico de todos os valores observados que ultrapassem um valor limiar. Esse valor está relacionado ao objetivo do estudo e pode ser determinado por considerações físicas ou ser estabelecido de forma que se obtenha um determinado número de eventos. Consiste, portando, em extrair em  $n$  anos de observações do evento extremo, os  $n$  valores superiores ao valor limiar pré-estabelecido. Assim, em  $n$  anos de observações, podem ser estudados os  $n$ ,  $2n$ ,  $3n$ ,..., máximos. Dessa forma, tanto pode ocorrer mais de um evento por anos, quanto não ocorrer nenhum evento num determinado ano.

Em estudos sobre intensidades das chuvas, para diferentes durações é muito importante estabelecer, a intensidade máxima ocorrida em uma dada chuva. Bastante comum adotar o estilo de Sherman na seleção das intensidades máximas, que é o princípio das durações prolongadas, onde o mesmo mostrou que chuvas em que precipitações totais proporcionara valores médios expressivos, em durações maiores que a real da chuva, podendo prolongar sua duração, onde resultara valores de intensidade relativamente altos, comparado claro, a valores de intensidade de outras chuvas com maior duração (GARCEZ, 1976; WILKEN 1978).

Em trabalhos hidrológicos, em termos gerais, não é interessante apenas os conhecimentos das máximas precipitações observadas nas series históricas, mas prever também, com base nas observações dos dados e utilizando se métodos probabilísticos, ficou fácil de notar as máximas precipitações que podem ocorrer em uma determinada área, com sua probabilidade de ocorrência e já estabelecido o período de retorno.

### 3.2. Inundações

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – o censo de 2010, cerca de 84% da população brasileira reside em áreas urbanas. Para receber essa quantidade populacional, cidades são erguidas em velocidade cada vez mais acelerada, ignorando muitas vezes as normas urbanísticas válidas, ficando sujeita aos interesses listados pelas leis do mercado, o qual possui uma presença marcante no modelo atual de desenvolvimento das cidades, por via da verticalização acentuada ou pelo crescimento desordenado das cidades no país.

Tucci (1997), afirma que o resultado desse crescimento acelerado é facilmente percebido sobre todo o sistema voltado aos recursos hídricos, sendo alguns deles: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos cloacal e pluvial.

Assim é observado o surgimento de variados problemas, principalmente os de natureza socioambiental, tais como: ocupação de áreas de risco (áreas de preservação permanente –

(APPs), áreas com declividade marcante e sujeitas a deslizamentos, encostas, etc.), deficiência de serviços públicos, ausência/carência de saneamento básico, deficiência do sistema de drenagem, poluição, contaminação de mananciais, deposição irregular de resíduos sólidos, entre outros (BENINI, 2009).

Com as precipitações intensas frequentes em locais com solo impermeabilizado pela urbanização aliado a uma infraestrutura precária, ou até mesmo um sistema de drenagem urbana obsoleta, entre outros fatores, os casos de inundação só aumentam, retratando uma realidade não só do Brasil, mas universal, que por sua vez contribuem na ocorrência de soterramento de edificações, comprometimento dos sistemas de drenagem, além de eventos mais graves como perdas humanas.

Segundo Tucci (1995), as enchentes e inundações urbanas caracterizam um dos importantes impactos sobre a sociedade, visto que esses acontecimentos têm causados grandes perdas materiais e até perdas de vidas, seja por afogamento ou contato com águas contaminadas.

Segundo Benini (2009, p. 68) apud (TUCCI, 2002, p. 445), os acontecimentos de enchentes em locais urbanizados derivam de dois processos, que podem acontecer de forma integrada ou isoladamente.

Devido à urbanização: é o aumento da frequência e magnitude das enchentes devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;

Em áreas ribeirinhas - as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos. (TUCCI, 2002, p. 475).

Os impactos no espaço urbano são resultantes de inundações que dependem do grau de ocupações nas várzeas pelos habitantes (inundações ribeirinhas) e da impermeabilização e canais do sistema de drenagem (drenagem urbana). Ambas têm caminhado junto e têm sido registradas junto com a história do desenvolvimento urbano. O crescimento dos episódios de inundações tem sido mais frequente neste século e a causa esta relacionada diretamente à urbanização, devido o aumento expressivo de habitantes nas cidades e a inclinação dos engenheiros atuais de projetarem um sistema com uma visão pontual do problema, ou seja, drenarem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas e transferindo o problema para outra área (TUCCI, 2003).

### 3.2.1 Inundações devido à urbanização

O mau funcionamento do sistema de drenagem é caracterizado pela impermeabilização do solo que se dá por meio da ocupação urbana através da construção de calçadas, edificações, pavimentação, o que acaba influenciando na velocidade de infiltração, por a mesma depender das modificações da superfície do solo, destaca-se a substituição da cobertura natural e o desmatamento, que por sua vez, acabam por intensificar o escoamento superficial impactando diretamente o ciclo hidrológico.

De fato, com a ampliação do desenvolvimento urbano, as modificações hidrológicas equivalentes observadas são: aumento significativo nos volumes escoados e modificações nas hidrógrafas de cheias, essencialmente devido ao aumento de áreas impermeáveis (BARBOSA, 2006).

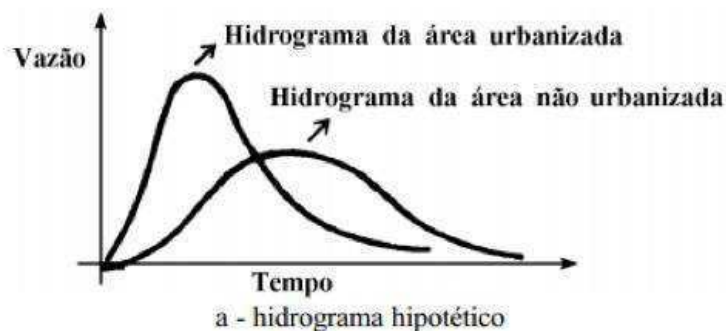
**Figura 1 - Características do Balanço Hídrico numa Bacia Urbana.**



Fonte: BARBOSA 2006, apud, TUCCI E BETONI (2003).

Em se tratando de áreas não habitadas de regiões nativas o escoamento ocorre de maneira mais lenta com maior parcela de infiltração de água e conseqüente diminuição da vazão. Para regiões urbanizadas ocorre redução da parcela de infiltração devido à impermeabilização, forçando a água a se movimentar por canais, aumentando a vazão e sua velocidade de escoamento, cujo na Figura 2 é possível visualizar este processo (SANTORO, AMARAL e TOMINAGA, 2009).

**Figura 2 - Hidrograma de Área Urbanizada e não urbanizada**



Fonte: TUCCI (2008).

A urbanização tem como efeitos principais o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial.

### 3.3. Sistema de Drenagem Urbana

A drenagem remete ao sistema utilizado para o fluxo das águas resultantes de precipitações, o qual faz parte de uma série de melhorias públicas presentes em um espaço urbano, quais sejam: redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, a malha viária, dentre outros (FCTH, 1999). Diferentemente dos demais o sistema de drenagem apresenta duas características peculiares importantes:

O escoamento das águas pluviais vai ocorrer independente da presença de um sistema adequado ou não. O que deve ser considerado é a qualidade desse sistema e se ele é capaz de trazer vantagens ou danos aos cidadãos (FCTH, 1999). O requerimento do sistema de drenagem só se dá durante e após o acontecimento do evento chuvoso, tendo a solicitação avaliada de acordo com a intensidade de duração da chuva.

Logo, os governos necessitam descobrir e planejar modos inovadores de subsidiar a infraestrutura de maneira que proporcione o mínimo de impacto ambiental e prever possíveis fragilidades e mudanças climáticas, com o propósito de atingir um crescimento sustentável (ASSMANN e LASTA, 2015).

O gerenciamento das águas pluviais pode ser atingido por medidas estruturais (emprego de estruturas físicas de controle) ou não estruturais (normas, incentivos fiscais), como já mencionado, sendo classificadas conforme suas ações na bacia hidrográfica, são elas: distribuída ou na fonte, micro drenagem e macrodrenagem, que serão descritas na sequência.

### 3.3.1 Na Fonte

Para receber o volume de água precipitada e conseqüentemente escoada devido às edificações, estacionamentos, parques e passeios, pode ser usado o sistema de drenagem na fonte, que consiste na filtração e retenção do escoamento no local (TUCCI, 2003).

As técnicas de controle na fonte, também conhecidas por medidas compensatórias (Tabela 1), são baseadas na detenção e na infiltração das águas contribuindo para gerar a sustentabilidade do sistema de drenagem, juntamente com a combinação de usos múltiplos, como: lazer, manutenção da diversidade biológica e assim, realizar o rearranjo temporal e espacial das vazões, contribuindo para a diminuição do volume escoado, conseqüentemente minimizando as chances de ocorrência de inundações a jusante do sistema de drenagem e na melhoria da qualidade da água (TOMINAGA, 2013).

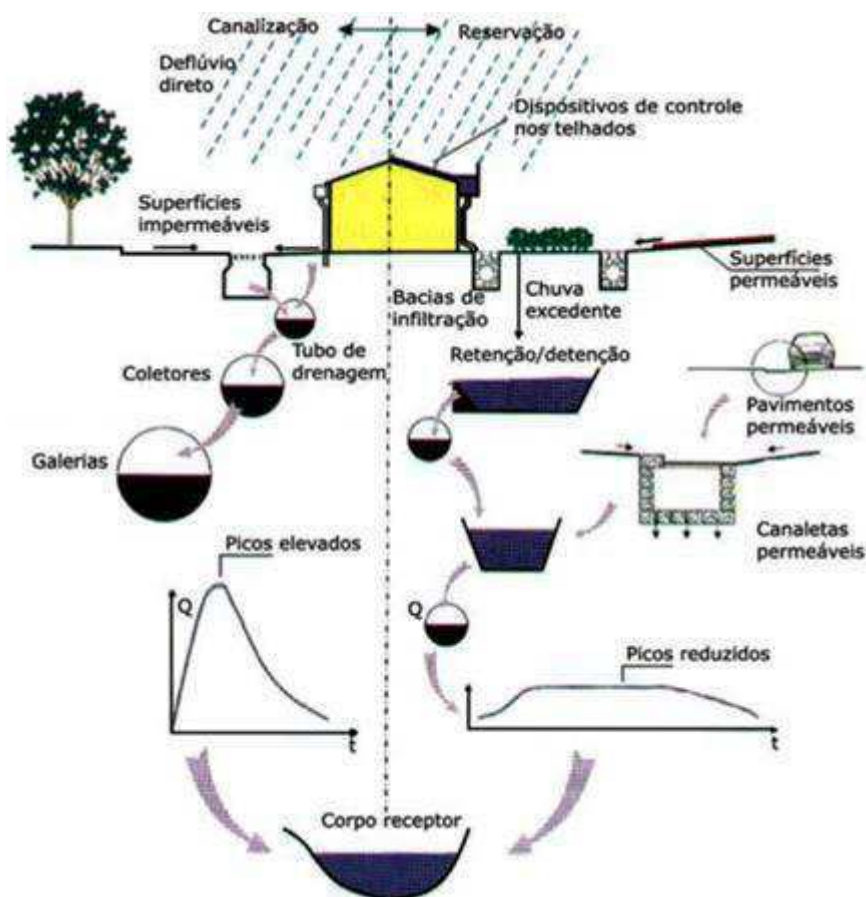
Segundo Tucci (2005) as medidas de controle distribuídas são utilizadas a partir do objetivo que se deseja alcançar em determinadas partes da bacia hidrográfica, como:

- **Infiltração e percolação:** este tipo de solução direciona o fluxo para áreas de infiltração e percolação no solo, onde através do armazenamento e do fluxo subterrâneo retardam o escoamento superficial. Tal procedimento tem o objetivo de recuperar as funções hidrológicas naturais da área. Contudo vale salientar que este método não deve ser utilizado em áreas que apresentam altas taxas de contaminação de água ou o lençol freático é muito alto;
- **Armazenamento:** consiste em reservatórios que podem ser locados tanto em espaços fechados ou abertos. Essa solução é utilizada quando deseja se reter parte do volume do escoamento superficial, minimizando o seu pico e distribuindo a vazão no tempo;
- **Aumento da eficiência do escoamento:** Através de condutos e canais, drenando áreas inundadas. Esse tipo de solução parte do princípio da drenagem convencional, pois realiza transferência do escoamento de uma dada área para outra, mas pode ser útil quando utilizado em conjunto com reservatórios de detenção;
- **Diques e estações de bombeamento:** solução tradicional de controle pontual de enchentes em áreas urbanas usado em áreas que não possuam espaço para amortecimento da inundação.

Desta forma, dispositivos para controle de enchentes na fonte se apresentam como medidas sustentáveis e alternativas ao modelo tradicional de canalização dos córregos e rios urbanos, ou seja, um sistema alternativo para a drenagem urbana que beneficia o planejamento

em áreas urbanizadas, permitindo adaptação e/ou melhoramento do sistema existente. Segundo Tucci (2005, p. 110), permite a “integração entre o projeto de implantação no espaço, o projeto arquitetônico e as funções da infraestrutura de água dentro do ambiente urbanizado” (Figura 3).

**Figura 3 - Ilustração esquemática dos conceitos de canalização e reservação.**



Fonte: BENINI 2014, CANHOLI (2005 p. 36).

Vale lembrar, que adoção de tais medidas exige o comprometimento do usuário na realização da manutenção frequente das instalações do sistema. A outra consideração remete ao fato de que as galerias deverão ser projetadas com capacidade para atuação em situações emergenciais evitando assim, agravamento dos problemas. (ASSMANN e LASTA, 2015).

**Tabela 1 - Principais medidas de controle utilizadas na fonte.**

OBRA	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	FUNÇÃO	EFEITO
<b>Pavimento Poroso</b>	Pavimento com camada de base porosa como reservatório	Armazenamento temporário da chuva no local do próprio pavimento. Áreas externas ao pavimento podem também contribuir.	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado pelo pavimento e por eventuais áreas externas
<b>Trincheira de Infiltração</b>	Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso	Infiltração no solo ou retenção, de forma concentrada e linear, da água da chuva caída em superfície limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área adjacente
<b>Vala de Infiltração</b>	Depressões lineares em terreno permeável	Infiltração no solo, ou retenção, no leito da vala, da chuva caída em áreas marginais	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha
<b>Poço de Infiltração</b>	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Infiltração pontual, na camada não saturada e/ou saturada do solo, da chuva caída em área limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço
<b>Micro reservatório</b>	Reservatório de pequenas dimensões tipo 'caixa d'água' residencial	Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
<b>Telhado reservatório</b>	Telhado com função reservatório	Armazenamento temporário da chuva no telhado da edificação	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação
<b>Bacia de detenção</b>	Reservatório vazio (seco)	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Bacia de retenção</b>	Reservatório com água permanente	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Bacia subterrânea</b>	Reservatório coberto, abaixo do nível do solo	Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Condutos de armazenamento</b>	Condutos e dispositivos com função de armazenamento	Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
<b>Faixas gramadas</b>	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

Fonte: Adaptado BENINI 2014, apud SILVEIRA (2002, p. 30).

### 3.3.2. Micro drenagem

A micro drenagem, ou sistema primário urbano promove o primeiro contato com as chuvas, sendo composta por um sistema de condutos pluviais ou canais e tem como função promover o direcionamento das precipitações (TUCCI, 2003).

A micro drenagem convencional é caracterizada como uma medida estrutural de controle para precipitações de risco moderado, a drenagem da área é realizada através de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano (TUCCI, 2005). Os principais elementos que constituem o sistema micro drenagem são apresentados na tabela. 2.

A realização de dimensionamento adequado aliado a uma manutenção da rede de micro drenagem proporcionam melhorias nas obstruções das atividades urbanas quando ocorrem alagamentos e enxurradas (FCTH, 1999). A limpeza dos sistemas inicial de drenagem deve ser executada com prioridade regular, devendo ser intensificada no período chuvas. Atualmente o



gerenciamento dos serviços de limpeza pode contar com ferramentas tecnológicas como sistema de gerenciamento e controle operacional em tempo real (SMDU, 2012).

**Tabela 2 - Principais elementos da rede de micro drenagem.**

ELEMENTO	FUNÇÃO
Galeria	Canalização pública destinada a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e ligações privadas.
Poços de visita	Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias permitindo mudanças de direção, declividade, diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações.
Trecho	Porções de galerias situadas entre dois poços de visita.
Bocas de lobo	Dispositivos localizados em pontos convenientes das sarjetas para captação de águas pluviais.
Tubo de ligação	Canalizações que conduzem águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita.
Meio fio	Elemento de pedra ou concreto instalados entre passeio e via pública paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.
Sarjetas	Faixas de via pública paralelas ao meio fio, receptora das águas pluviais que incidem sobre a via pública e escoam para sua calha.
Sarjetões	Calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.
Conduitos forçados	Destinados a condução de águas pluviais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos.
Estações de bombeamento	Destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade.

Fonte: TOMINAGA 2013, apud, BIDONE e TUCCI, 1995 e FCTH, 1999.

A micro drenagem é o ponto alto do referido trabalho, já que o mesmo pretende analisar a eficiência e o atendimento a demanda na região, fazendo uso de uma das ruas para a averiguação dos objetivos propostos, logo alguns aspectos considerados principais, são necessários para melhor entendimento, que são apresentados a seguir.

### 3.3.3. Perfis longitudinal e transversal de ruas

Conforme Assman e Lasta (2015) apud (PORTO, et al, 2009) em espaços urbanos “a micro drenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas”.

O perfil longitudinal (greide), assim como o perfil transversal de uma rua, são importantes elementos na composição da rede de micro drenagem, visto que, estes componentes são essenciais para o encaminhamento das águas pluviais.

Conforme Assman e Lasta (2015) apud (INIR, 2010) para consecução de um traçado apropriado em planta e perfil longitudinal, necessitam serem considerados alguns princípios,



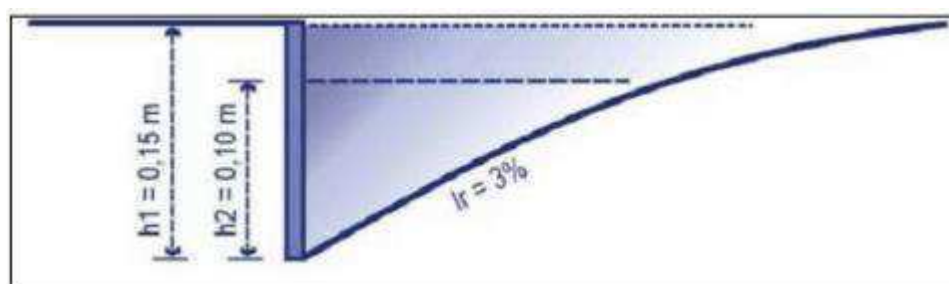
nos quais, se sobressai no enquadramento de drenagem urbana a adaptação do traçado da rua com a topografia do meio em que se encontra. O declive transversal, nos alinhamentos retos, deve ser planejado para assegurar à drenagem do escoamento superficial da rua, garantindo que o caminho do escoamento aconteça apenas nas sarjetas ou no menor comprimento de drenagem da via, em outras palavras as águas atingem inicialmente o terreno, dependendo da sua topografia e tipo de solo gera um volume de escoamento superficial o qual é conduzido até as sarjetas por gravidade devido à inclinação do perfil.

Existem dois casos que devem ser considerados para garantir a capacidade de condução da rua ou da sarjeta:

- Escoamento por toda a faixa da via;
- Escoando apenas pelas sarjetas.

Ao observar a figura 4, nota-se que para ambos os casos, a inclinação do trecho transversal da via é de 3%, contudo o nível da lâmina de água na sarjeta no primeiro caso é  $h_1 = 0,15\text{m}$ , o escoamento atinge a via, e no segundo caso o  $h_2 = 0,10\text{m}$ , escoamento ocorre apenas na sarjeta, o que caracteriza como medida preventiva em caso de ocorrências de eventos de maior intensidade, na intenção de evitar que toda a rua fique inundada.

**Figura 4 - Seção da sarjeta.**



Fonte: ASSMAN e LASTA 2015, p. 15 apud INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ 2002.

#### 3.3.4. Sarjetas e bocas de lobo

As sarjetas são compreendidas como pequenos canais paralelos e próximos ao meio-fio, ou seja, são escoadouros das vias públicas que recebem as águas pluviais e conduzem até as bocas de lobo (SILVEIRA, 2002). E uma sarjeta padrão quando incorporada a guia deve ter 15 cm de profundidade e 60 cm de largura. Outras configurações podem ser utilizadas à medida que as condições requeiram.

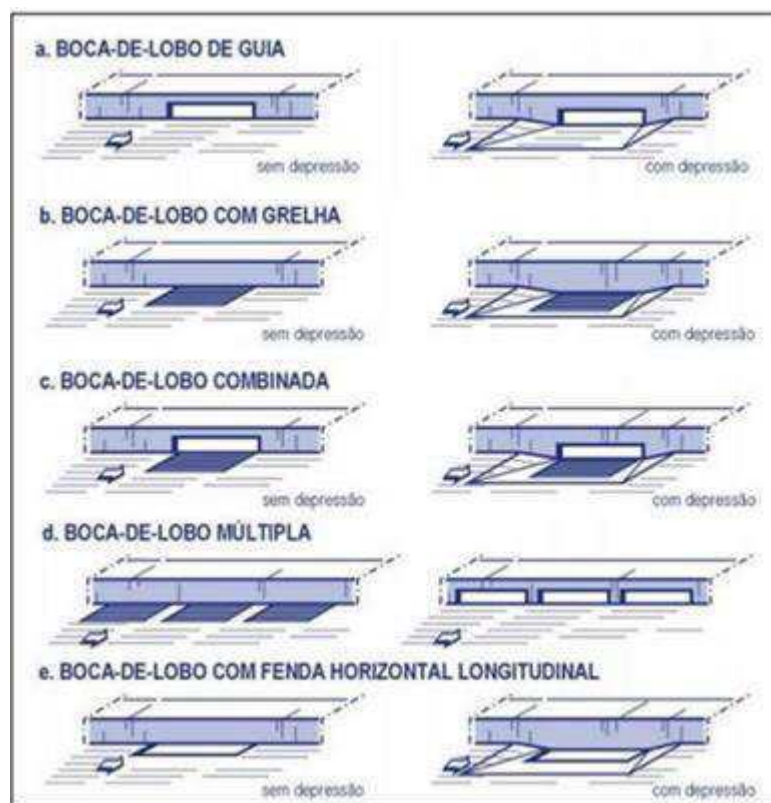
É uma estrutura hidráulica destinada a interceptar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para, em seguida, encaminhá-las às canalizações subterrâneas. São também

frequentemente denominadas de bocas-de-lobo. As bocas de lobo são estruturas hidráulicas responsáveis pela coleta das águas das sarjetas (NETO, 2008).

As bocas de lobo ou coletoras possuem o objetivo de receber as águas precipitadas que chegam as ruas e estão locadas em pontos estratégicos nas sarjetas. Em casos de ocorrência de eventos de máxima pode ocorrer à saturação do “engolimento” da sarjeta, neste caso, as bocas de lobo deverão ser distribuídas em ambos os lados da rua principalmente nos locais mais baixos da rua, para evitar o desenvolvimento de alagamentos. O distanciamento máximo indicado entre elas é de 60 metros, em caso não seja averiguada a eficácia quanto ao escoamento da sarjeta. As bocas de lobo deverão ser inseridas próximo ao cruzamento das ruas, mas não no limite desse cruzamento. ASSMAN e LASTA (2015) apud (PORTO, et al, 2009).

Existem inúmeros tipos de boca de lobo as quais são apresentadas a seguir:

**Figura 5 - Tipos de Bocas de lobo**



Fonte: ASSMAN e LASTA 2015, p. 16 apud INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002.

### 3.3.5. Galerias e poços de visita

Denomina-se galeria de águas pluviais todos os condutos fechados que possuem a função de transportar o volume de água escoado captado pelas bocas coletoras, para a realização do projeto das galerias é necessário atender todas as áreas, favorecendo condições adequadas a

drenagem. As galerias são projetadas para trabalharem em seção plena, possuem diâmetro mínimo indicado de 30 centímetros, e a velocidade que a água chega às canalizações estar sujeita ao material que as compõem. ASSMAN E LASTA, (2015) apud (PORTO, et al, 2009).

O Plano diretor estabelece o uso de galerias no intuito de acabar com o excesso de escoamento superficial coletado pelas bocas de bolo, porém tal medida acaba transferindo o problema para outra área. (INSTITUTO DE PESQUISA HIDRAÚLICAS, 2005).

Os poços de visita possuem a função primordial de permitir o acesso às canalizações para limpeza e fiscalização, de modo que possam promover um bom estado de funcionamento. Para a sua locação é recomendado os cruzamentos, nos pontos de mudança de direção do fluxo (aonde chegam várias vazões de outras ruas) e em mudança de declividade e diâmetro. Os poços de visita são espaçados em função do diâmetro ou altura do conduto ASSMAN E LASTA (2015, p. 14) apud (PORTO, et al, 2009).

### 3.3.6. Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem tem por objetivo o direcionamento final dos escoamentos como também, interagir com os sistemas coletores de diferentes sistemas de micro drenagem, logo são estruturas dimensionadas para receber grandes vazões com maiores velocidades de escoamentos superficial.

A macrodrenagem também é caracterizada por abranger grandes áreas atingindo uma margem de 2 km<sup>2</sup> ou 400 ha, vale salientar que tais valores não são absolutos devido a variação na configuração na malha urbana (TUCCI, 2003), sendo projetada para promover o escoamento rápido afim de minimizar as consequências e prejuízos oriundos de cheias com período de retorno relativamente grande (T=25 a 100 anos).

Esta rede envolve as intervenções de fundo de vale e é composta pelos canais abertos e fechados com tamanhos maiores do que os condutos da microdrenagem, além da rede natural de drenagem das bacias, constituídas pelos córregos, riachos e rios urbanos, como também os reservatórios de amortecimento implantados para a contenção de cheias. (TOMINAGA, 2013).

Igualmente ao sistema de drenagem inicial a manutenção é de extrema importância para manter o funcionamento adequado dos sistemas de macrodrenagem, minimizando os problemas de inundação e os problemas ligados diretamente à poluição hídrica (FCTH, 1999)

### 3.4 Medidas de Controle de Enchentes Urbanas

O quadro de medidas para o controle das inundações é composto por dois tipos de intervenção no ambiente: em estruturais, quando o homem altera o rio, e em não estruturais, quando o homem coexiste com o rio.

Neste sentido, Benini (2009, p. 71) apud (BOTELHO, 2011, p. 94) explica que as medidas de controle de enchente.

[...] são usualmente classificadas em estruturais, quando o homem altera o sistema fluvial, através de obras hidráulicas, como barragens, diques, canalização e retificação; em não estruturais, quando o homem busca uma convivência harmônica com o rio, através da elaboração de planos de uso e ocupação e zoneamentos de áreas de risco à inundação, sistemas de alerta e seguros-enchentes. (BOTELHO, 2011, 94).

Tucci (2005, p. 48) explica que as “medidas para o controle de inundação podem ser do tipo estrutural e não estrutural”:

“As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos [...] (a) aceleram o escoamento: construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios (canais) e corte de meandros; b) retardam o escoamento: reservatórios e bacias de amortecimento; c) facilitam o desvio do escoamento: são obras como canais de desvios (TUCCI, 2005, p.48 – 50).”

“As medidas não estruturais são aquelas em que os preventivas como o alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco, seguro contra inundações, e medidas de proteção individual (‘floodproofing’). (TUCCI, 2005, p. 48 – 50).”

De acordo com Benini (2009, p. 74) apud (TUCCI, 2002, p. 482) as ações estruturais referem se, as “medidas de controle através de obras hidráulicas, tais como barragens, diques e canalização, entre outras”, e as ações não estruturais, são “medidas do tipo preventivo, tais como zoneamento de áreas de inundação, alerta e seguros” e por esta razão, “as medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não estruturais” (Figura 6).

**Figura 6 - Principais medidas estruturais e não estruturais de controle de enchente.**



Fonte: BENINI 2014, apud BOTELHO (2011, p. 94).

A figura 6 permite um entendimento sobre a divisão entre as medidas estruturais e não estruturais. Contudo o que deve ser observado é que no padrão clássico de obras de drenagem urbana apresentadas nos planos de engenharia hidráulica são adotadas medidas que podem ser estruturais intensivas (quando o homem modifica o rio) e nas medidas estruturais extensivas (infraestrutura verde) e não estruturais (quando o homem convive com o rio).

É importante enfatizar que a utilização das medidas de controle não proporciona o controle total das inundações, porém para obter um controle eficiente do fenômeno, faz uso da associação das medidas estruturais e não estruturais com o objetivo de tornar mínimos os prejuízos causados aos habitantes e possibilitar uma coexistência harmônica com o rio, principalmente para a população ribeirinha.

O processo de planejamento e gestão urbana possui metas fundamentais a serem atingidas, as quais são constituídas pela execução das medidas elencadas acima. Para ocorrência disso o autor (TUCCI, 2005, p.114) esclarece que um dos maiores impedimentos dos gestores públicos no que diz respeito à implantação de um planejamento integrado “decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares e a forma setorial como a gestão municipal é organizada”.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de estabelecer medidas de gestão voltadas para a infraestrutura urbana e o escoamento das águas pluviais dos rios e na área urbana, na intenção de evitar perdas econômicas e possibilitar um melhoramento das condições de saúde e no meio ambiente, partindo de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade buscando otimizar a gestão e a disposição da água pluvial no tempo e no espaço, considerando os diferentes tipos de uso e ocupação do solo de forma a coexistir em harmonia com as práticas estruturais e o meio ambiente aliados a utilização de um regulamento controlar a ocupação de áreas de risco de inundação. (TUCCI, 2013).

Desta forma fica clara a importância de se desenvolver um Plano Diretor de Drenagem Urbana, o qual deveria contemplar os planos urbanísticos, do sistema viário, saneamento e resíduos sólidos, com legislações pertinentes ao uso e ocupação do solo, licenciamento ambiental e recursos hídricos, uma vez que, pretende-se identificar as áreas destinadas à preservação e as apropriadas para posse do poder público, de forma a promover um zoneamento adequado (SILVEIRA, 2002).

Segundo Tucci (2005), as medidas utilizadas para controle de enchentes são: o Plano Diretor Urbano, a Legislação/Municipal e o Manual de Drenagem, trabalhando de forma integrada, uma vez que, o primeiro determina as principais linhas, a legislação controla e o manual orienta.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização da área de estudo

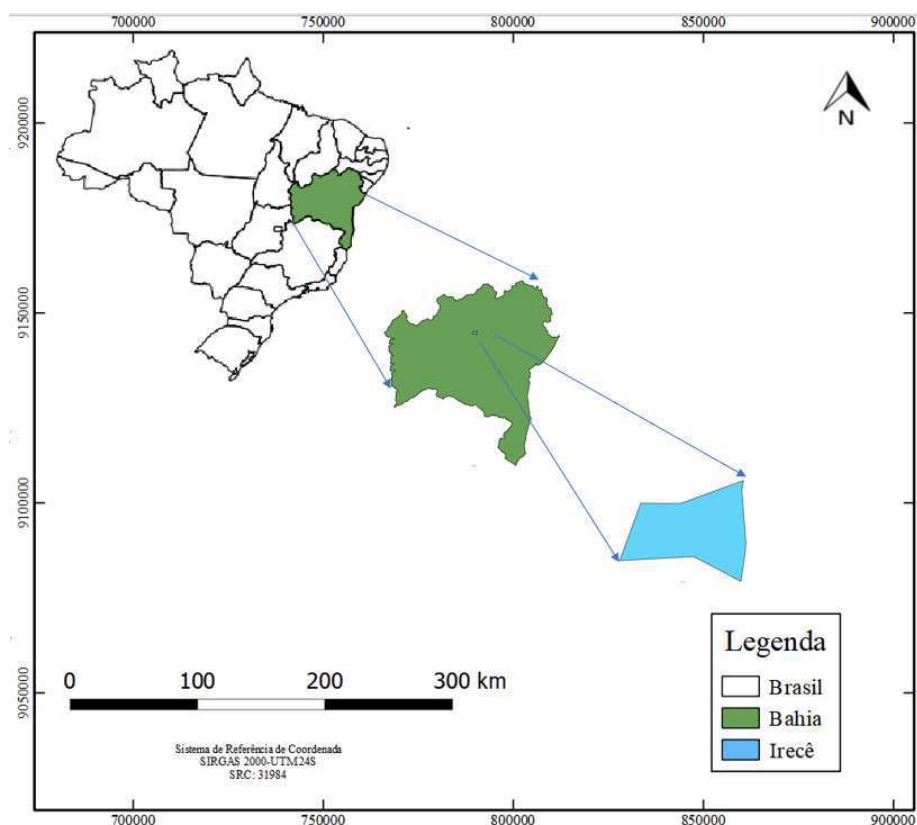
Esse estudo foi realizado no bairro Centro da cidade de Irecê Bahia. O município está situado no Semiárido baiano, abrangendo toda a área do polígono das secas. Encontra-se a uma altitude média de 721 metros em relação ao nível do mar, entre as coordenadas geográficas de 11°18'15"S e 31°51'21"W, e inserida nos domínios da bacia hidrográfica São Francisco.

O bairro em estudo tem como principal característica ser um bairro residencial, o total da sua área está preenchido por residências e alguns comércios de médio e grande porte, localizado também, o principal Hospital de Irecê e região: o Hospital Regional Dr. Mario Dourado Sobrinho que tem uma área de aproximadamente 10.360m<sup>2</sup>.

De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE a população estimada foi de 66.181 habitantes, onde 5.162 habitantes são residentes de zona rural e 61.019 residem na área urbana da cidade.

Da forma apresentada pela figura 7 abaixo.

**Figura 7 - Localização do Município de Irecê no Estado da Bahia**



Fonte: GUIMARÃES (2017).

#### 4.2. Determinar as relações I-D-F e a equação de chuva da cidade de Irecê na Bahia

Para encontrar a equação de chuva foi necessário obter os dados de chuvas de um determinado período de tempo, assim foi utilizado um intervalo de 1973 a 2016 tendo um total de 44 anos.

A série de chuvas anuais foi submetida ao ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel onde, e logo após, foram obtidos os valores de chuva anuais com períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos. Os valores encontrados para os períodos de retorno são submetidos ao processo de desagregação, onde a CETESB (1986) propõe alguns fatores. Assim obtendo as alturas de precipitações para durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 840, 960, 1080, 1200, 1320 e 1440, esses valores de intensidade de chuva durante esse intervalo, proporciona as curvas I-D-F.

As curvas I-D-F são representadas por uma equação matemática de intensidade das chuvas que é:

$$I = \frac{C}{(t+b)^n}$$

Em que  $C = K(TR)^m$ ; e  $m$ ,  $n$  e  $b$  são parâmetros empíricos da equação;  $I$  é a intensidade da chuva, onde será dada em mm/h;  $TR$  é o período de retorno que será dado em anos, a depender do tipo de obra que for feita e  $t$  é a duração em minutos da chuva crítica.

#### 4.3. Elaborar o projeto de desenho técnico das estruturas de micro e macrodrenagens

Para obter o projeto de desenho técnico das estruturas, foi utilizado o programa QGIS 2.14.3. A partir de imagens de satélite e arquivos shapefile baixados no site IBGE, foi feita a delimitação do bairro centro. Como a área é relativamente grande, foi necessário dividir em trechos, totalizando nove trechos. Cada um representa um fluxo de água de acordo com a declividade do terreno, e para isso foram utilizadas as altitudes da área, retiradas no programa também.

A localização e distâncias das bocas de lobo e dos postos de visitas foram feitos com base no desenho técnico, de maneira visual, levando em consideração a escala do projeto.



#### 4.4 Elaborar o projeto hidráulico-hidrológico da citada área e apresentar os perfis da rede coletora com a respectiva linha de energia.

Os cálculos de todos os parâmetros foram realizados trecho a trecho. Para obter o projeto hidráulico-hidrológico da área foi preciso primeiramente analisar qual tipo de sarjeta predomina, para assim fazer o cálculo da vazão e depois encontrar o coeficiente de escoamento superficial.

Logo depois é feito o cálculo das galerias de cada trecho. Para isso é seguido a determinação de vazão pelo método racional (TUCCI C.E.M 1995). Primeiramente é calculado o coeficiente de escoamento superficial. Para isso foi necessário obter a área total permeável e a área total impermeável com a ajuda do Google Earth e o QGIS. A partir daí ele foi encontrado pela seguinte equação:

$$C = (0,95 \times A_i + 0,22 \times A_p) / A_t$$

Onde: C é o coeficiente de escoamento,  $A_i$  é a área total impermeável,  $A_p$  é a área total permeável e  $A_t$  é a área total da área.

Os valores 0,95 e 0,22 foram retirados da Tabela 3 sobre valores de C para cada superfície de revestimento, segundo autor.

**Tabela – 3 Valores de C de acordo com a superfície de revestimento**

Pavimentos	C
<b>Pavimento:</b>	
Asfalto.	0,70 - 0,95
Concreto.	0,80 - 0,95
Calçada.	0,75 - 0,85
Telhado.	0,85 - 0,95
<b>Cobertura – grama / areia:</b>	
Plano (declividade 2%).	0,05 - 0,10
Médio (declividade de 2 a 7%).	0,10 - 0,15
Alta (declividade 7%).	0,15 - 0,20
<b>Gramas, solo pesado:</b>	
Plano (declividade 2%).	0,13 - 0,17
Médio (declividade de 2 a 7%).	0,18 - 0,22
Alta (declividade 7%).	0,25 - 0,35

Fonte: ASCE (1969)

Logo após é calculado o tempo de concentração médio ( $t_c$ ) a partir da seguinte equação:

$$t_c = \frac{0,65 \times (1,1 - C) \times L^{\left(\frac{1}{2}\right)}}{S^{\left(\frac{1}{3}\right)}}$$

Onde C é a coeficiente de escoamento, L é o comprimento entre postos de visita e S é a declividade do trecho entre os postos de visita.

Para o cálculo da vazão de projeto de cada trecho, é utilizada a seguinte equação:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Sendo C o coeficiente de escoamento superficial, I a intensidade que será obtida através da equação de chuva e A que será a área de influência.

Logo em seguida, é obtido por meio de cálculo o diâmetro da galeria. Dada pela equação a seguir:

$$D = 1,55 \times \left( \frac{Q \times n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde, Q é a vazão e S é a declividade de cada trecho.

Assim, com o valor do diâmetro encontrado pela equação acima, se estima um valor arredondado para o diâmetro a ser adotado na obra. Com o valor do diâmetro, junto ao valor da vazão encontra-se o valor do Fator Hidráulico pela equação seguinte.

$$FH = \frac{Q \times n}{D^{8/3} \times S^{1/2}}$$

Onde, D é o diâmetro arredondado, e S a declividade do comprimento entre os postos de visita.

Assim, com o valor do Fator Hidráulico, é obtido os valores de Ry/D e o de y/D de acordo com a tabela 4.

**Tabela – 4 Relação para Fator Hidráulico de seções circulares**

FH de 0.001 a 0.080			FH de 0.081 a 0.250			FH de 0.251 a 0.333		
FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D
0.0001	0.0066	0.01	0.0820	0.1935	0.35	0.2511	0.2933	0.68
0.0002	0.0132	0.02	0.0864	0.1978	0.36	0.2560	0.2948	0.69
0.0005	0.0197	0.03	0.0910	0.2020	0.37	0.2610	0.2962	0.70
0.0009	0.0262	0.04	0.0956	0.2062	0.38	0.2658	0.2975	0.71
0.0015	0.0326	0.05	0.1003	0.2102	0.39	0.2705	0.2988	0.72
0.0022	0.0389	0.06	0.1050	0.2142	0.40	0.2752	0.2998	0.73
0.0031	0.0451	0.07	0.1099	0.2182	0.41	0.2798	0.3008	0.74
0.0041	0.0513	0.08	0.1148	0.2220	0.42	0.2842	0.3017	0.75
0.0052	0.0575	0.09	0.1197	0.2258	0.43	0.2886	0.3024	0.76
0.0065	0.0635	0.10	0.1248	0.2295	0.44	0.2928	0.3031	0.77
0.0080	0.0695	0.11	0.1298	0.2331	0.45	0.2969	0.3036	0.78
0.0095	0.0755	0.12	0.1350	0.2366	0.46	0.3009	0.3040	0.79
0.0113	0.0813	0.13	0.1401	0.2401	0.47	0.3047	0.3042	0.80
0.0131	0.0871	0.14	0.1453	0.2435	0.48	0.3083	0.3043	0.81
0.0152	0.0929	0.15	0.1506	0.2468	0.49	0.3118	0.3043	0.82
0.0173	0.0986	0.16	0.1558	0.2500	0.50	0.3151	0.3041	0.83
0.0196	0.1042	0.17	0.1612	0.2531	0.51	0.3183	0.3038	0.84
0.0220	0.1097	0.18	0.1665	0.2562	0.52	0.3212	0.3033	0.85
0.0246	0.1152	0.19	0.1718	0.2592	0.53	0.3239	0.3026	0.86
0.0273	0.1206	0.20	0.1772	0.2621	0.54	0.3264	0.3018	0.87
0.0301	0.1259	0.21	0.1826	0.2649	0.55	0.3286	0.3007	0.88
0.0331	0.1312	0.22	0.1879	0.2676	0.56	0.3305	0.2995	0.89
0.0362	0.1364	0.23	0.1933	0.2703	0.57	0.3322	0.2980	0.90
0.0394	0.1416	0.24	0.1987	0.2728	0.58	0.3335	0.2963	0.91
0.0427	0.1466	0.25	0.2041	0.2753	0.59	0.3345	0.2944	0.92
0.0461	0.1516	0.26	0.2094	0.2776	0.60	0.3351	0.2921	0.93
0.0497	0.1566	0.27	0.2147	0.2799	0.61	0.3353	0.2895	0.94
0.0534	0.1614	0.28	0.2200	0.2821	0.62	0.3349	0.2865	0.95
0.0572	0.1662	0.29	0.2253	0.2842	0.63	0.3339	0.2829	0.96
0.0610	0.1709	0.30	0.2306	0.2862	0.64	0.3222	0.2787	0.97
0.0650	0.1756	0.31	0.2388	0.2882	0.65	0.3294	0.2735	0.98
0.0691	0.1802	0.32	0.2409	0.2899	0.66	0.3248	0.2666	0.99
0.0733	0.1847	0.33	0.2460	0.2917	0.67	0.3117	0.2500	1.00
0.0776	0.1891	0.34						

Por meio de interpolações, encontramos os valores de  $Ry/D$  e  $y/D$ , para assim dar andamento ao dimensionamento da galeria.

Logo após, encontraremos a velocidade dada pela equação a seguir.

$$v = \frac{Ry^{2/3} x S^{1/2}}{n}$$

Onde, os valores de  $Ry$  são encontrados através da interpolação do fator hidráulico, e  $S$  é a declividade do trecho.

Por fim encontramos o  $T_e$ , que é o tempo de viagem do escoamento ao longo da galeria, obtido pela equação a seguir.

$$te = \frac{L}{v}$$

Onde,  $L$  é o comprimento do trecho, e  $v$  é a velocidade do escoamento encontrado na equação anterior.

Assim, ao longo do trecho, é calculado todos esses parâmetros para todos as relações dos postos de visita, para assim encontrar os valores da cota do terreno e da cota do greide, tanto na montante, quanto na jusante do trecho.

Isso é obtido logo após encontrar a profundidade da galeria no trecho, que é dada pela equação a seguir.

$$\left( D + \left( \frac{D}{2} \right) \right) + 0,4$$

Onde  $D$  é o diâmetro do trecho encontrado, onde tanto o valor encontrado da profundidade será escavado na montante e na jusante do trecho. Para encaixar a galeria.

Por fim encontrando a linha de energia do trecho total, onde será levado em conta todos os postos de visita ao longo do trecho.

Primeiramente encontra-se a profundidade da água do trecho, dada pela equação seguinte

$$h = \frac{y}{D} x D$$

onde  $y/D$  foi obtido através da interpolação do fator hidráulico e  $D$  é o diâmetro da galeria.

Assim, calcula-se a linha de energia de cada trecho de acordo com a cota do greide, apresentada pela equação seguinte.

$$H = Z + h + \frac{v^2}{2g}$$

Onde  $Z$  é o valor da cota do greide,  $h$  o valor da profundidade da água,  $v$  a velocidade e  $g$  que é a velocidade da gravidade, que no caso de todos os cálculos para todos os trechos foi utilizado o valor igual a  $9,8\text{m/s}^2$ .

Todos esses parâmetros foram calculados com o auxílio da ferramenta Excel.

O perfil longitudinal, será obtido de acordo com a quantidade de trechos em que a área de drenagem foi dividida, para que assim possa ajudar no entendimento das linhas de energias obtidas através de cálculos para cotas do terreno e cotas do greide, verificando também a declividade do trecho calculado e o encaixe das galerias.

#### **4.5 Apresentar medidas compensatórias do sistema de drenagem urbana e elaborar orçamentos para diferentes configurações do sistema de drenagem**

Na medida em que o sistema de drenagem foi elaborado, foi possível ajustar declividades para que assim o sistema tenha uma melhor eficiência a baixo custo, pois a depender da linha de energia dos trechos, pode se encontrar parte do trecho que a linha de energia ficará acima da cota do terreno, ocasionado um problema no sistema de drenagem, pois assim, a água que deveria descer até a galeria, faria sentido contrário, e teria água da galeria subindo para rua onde a tubulação poderá não suportar uma quantidade determinada de fluxo de água. Evitar optar por tubos com maior diâmetro pode tornar a obra inviável para a prefeitura, desta forma podemos ajustar o sistema aumentando a profundidade de onde se alojará a tubulação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização da área de estudo

#### 5.1.1 Área de Estudo

A área de estudo da proposta de drenagem foi o centro da cidade de Irecê-BA, onde está localizado boa parte do comércio, escolas e o principal hospital da região.

**Figura 8. Localização do centro de Irecê delimitada pela linha vermelha**



Fonte: Google Earth Pro, 2017

A figura apresenta os valores de suas áreas, área total, área permeável e área impermeável. A área total do centro de Irecê foi calculada em 539.476,31m<sup>2</sup>, sendo 468721,31m<sup>2</sup> impermeável e 70755m<sup>2</sup> permeável, totalizando cerca de 86,88% da área total do estudo impermeável.

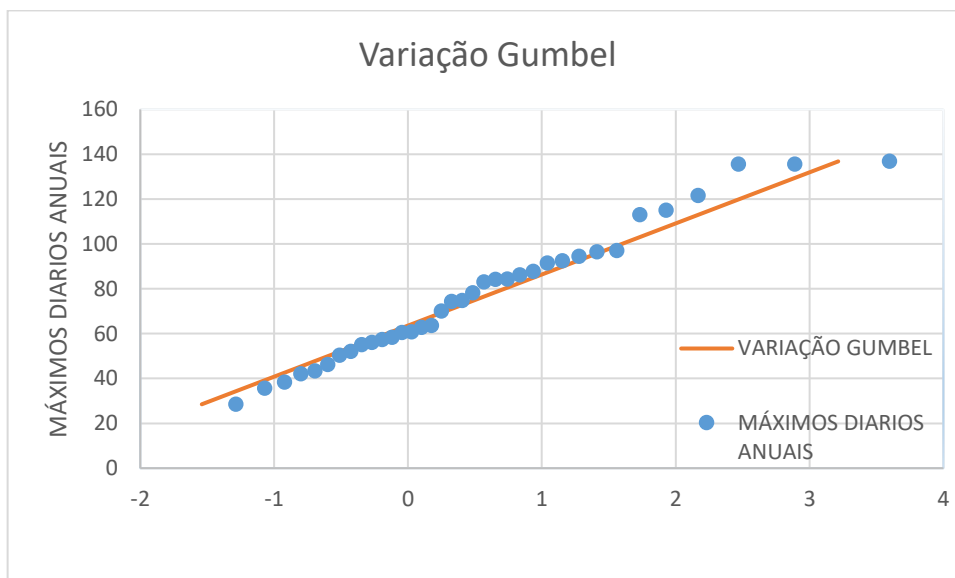
**Figura 9. Bairro Centro 1**



## 5.2 Determinação da relação I-D- F e a equação de chuva da cidade de Irecê na Bahia

Os ajustes que foram feitos para se encontrar a distribuição de Gumbel, com os dados de totais anuais de chuvas da cidade de Irecê está presente na Figura a seguir.

**Gráfico 1 - Variação de Gumbel**



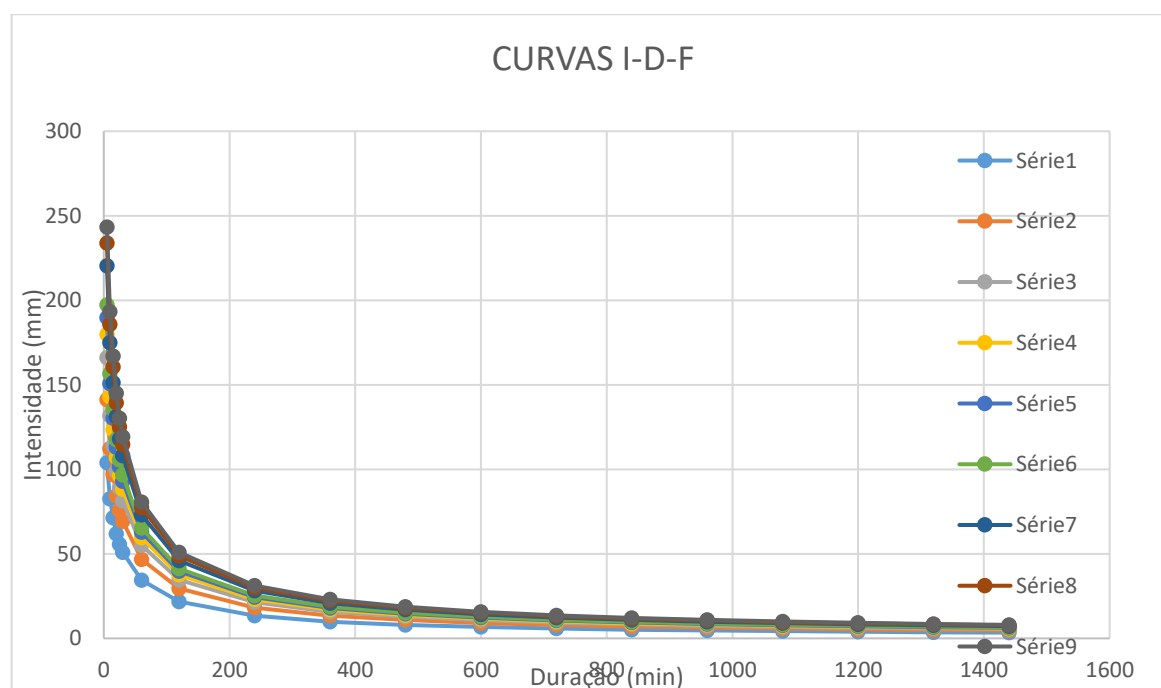
Os valores de intensidade de chuvas obtidos através da distribuição de gumbel, está disposto na tabela a seguir.



**Tabela 5 - Tabela relação intensidade, duração e período de retorno**

Intensidade	ANOS								
	2	5	10	15	20	25	50	75	100
5	103,99779	141,3177	166,0268	179,9674	189,7283	197,2467	220,4074	233,8693	243,3971
10	82,586483	112,2229	131,8448	142,9153	150,6666	156,6371	175,0294	185,7197	193,286
15	71,371035	96,98275	113,9399	123,507	130,2057	135,3654	151,26	160,4985	167,0372
20	61,939862	84,16717	98,88358	107,1865	112,9999	117,4778	131,2721	139,2898	144,9645
25	55,669407	75,64654	88,87314	96,33548	101,5604	105,585	117,9828	125,1889	130,2891
30	50,97931	69,27339	81,38566	88,2193	93,00405	96,68955	108,0429	114,6418	119,3123
60	34,44548	46,80634	54,99031	59,60764	62,84057	65,33078	73,00193	77,46069	80,61643
120	21,733458	29,53257	34,69627	37,60958	39,64941	41,22061	46,06074	48,87401	50,86513
240	13,32712	18,1096	21,27601	23,06248	24,31332	25,27679	28,24479	29,96991	31,19088
360	9,8415657	13,37324	15,71152	17,03075	17,95445	18,66594	20,85769	22,13163	23,03327
480	7,9962721	10,86576	12,76561	13,83749	14,58799	15,16607	16,94688	17,98195	18,71453
600	6,7250699	9,138382	10,7362	11,63768	12,26887	12,75506	14,25276	15,12328	15,7394
720	5,8092575	7,893927	9,27416	10,05288	10,59811	11,01809	12,31183	13,06381	13,59603
840	5,1551058	7,005031	8,229843	8,920871	9,404711	9,777395	10,92546	11,59276	12,06504
960	4,6644921	6,338359	7,446605	8,071868	8,509661	8,846876	9,885677	10,48947	10,91681
1080	4,2373408	5,757923	6,764681	7,332686	7,730388	8,036723	8,980396	9,528894	9,917101
1200	3,9366263	5,349297	6,284607	6,812302	7,18178	7,466375	8,343077	8,85265	9,213306
1320	3,6533085	4,964309	5,832306	6,322022	6,664909	6,929022	7,742628	8,215528	8,550228
1440	3,4172103	4,643487	5,455388	5,913456	6,234184	6,481228	7,242255	7,684592	7,997662

Tendo em vista que o a distribuição de gumbel foi realizada, o próximo passo é a apresentação das curvas I-D-F, onde para apresentar curvas mais perfeitas, foi utilizado um intervalo de duração maior, assim as curvas ficaram de forma homogênea e mais compreensível

**Gráfico 2 - Curvas Intensidade Duração Frequência, I-D-F.**

Assim com auxílio da regressão linear de  $\log I$  e  $\log (t+b)$  resultaram nos valores para preenchimento da equação de chuva  $n$  e  $b$ , que foram respectivamente 0,7692 e 13, levando em consideração que o valor de  $R^2$  obtido chegou a um número de 0,9999, já para obtenção dos valores de  $K$  e  $m$ , foi preciso fazer a regressão linear entre o  $\log C$  e o  $\log TR$ , alcançando os valores respectivamente 879,2249 e 0,09202. Chegando a uma equação final

$$I = \frac{879,2249 \times TR^{0,09202}}{(t + 13)^{0,7692}}$$

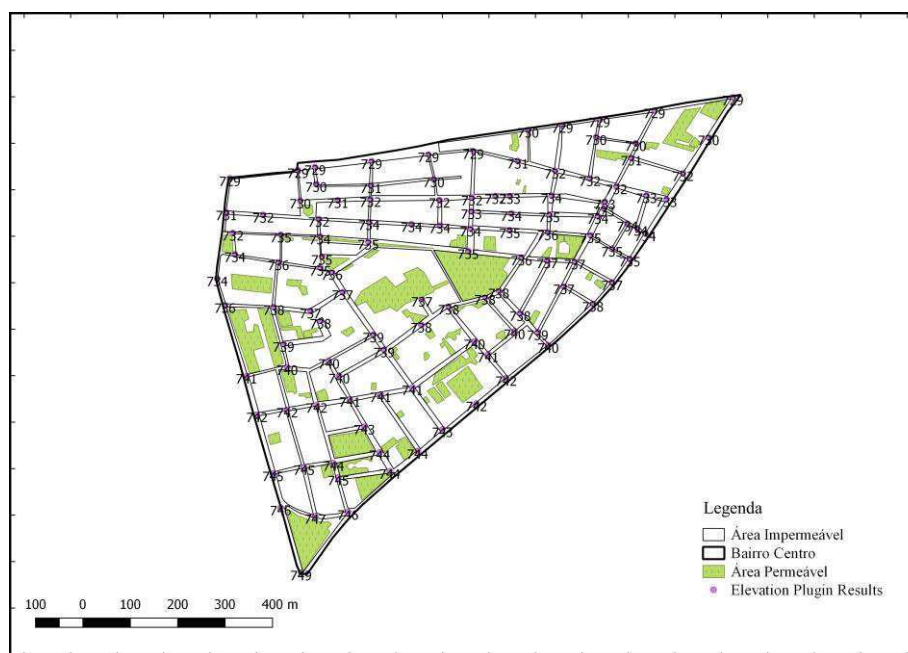
### 5.3 Projeto de desenho técnico das estruturas de micro e macrodrenagens

#### 5.3.1 Trechos da drenagem identificados

A divisão da área total de estudo foi feita em trechos, para isso foi utilizado o programa QGIS versão 2.14.3, facilitando a identificação dos locais onde foram colocados os postos de visitas, onde passaria as galerias, e também onde seriam colocadas as bocas de lobo.

Primeiramente foi feita a área e delimitando as altitudes do terreno, para verificar para onde cada fluxo iria, e onde ele iria desaguar. Obtendo assim uma cota máxima de 749 m e uma cota mínima de 729 m no terreno.

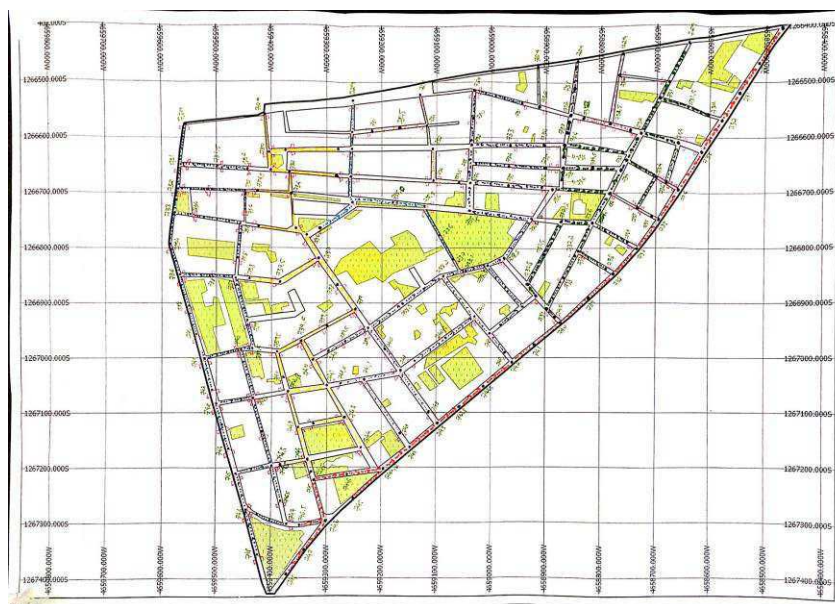
**Figura 10 - Altitude dentro da área de estudo para traçar sentido da água**





Após o levantamento das altitudes, foi verificado, qual seria os melhores fluxos para as águas tomarem, assim a área total, foi dividida em 9 trechos, e cada trecho desse foi calculado o diâmetro de sua galeria e qual seria a galeria principal, veja na imagem a seguir.

**Figura 11 - Trechos divididos em cores.**



Feito a divisão dos trechos, começou assim o cálculo de dimensão dos diâmetros das galerias, trecho a trecho foi feito o cálculo, e como a área de estudo é de um porte grande, os diâmetros das galerias ficaram ao fim um valor considerável bom.

#### **5.4 Projeto hidráulico-hidrológico da citada área e apresentação dos perfis da rede coletora com a respectiva linha de energia**

Um dos principais fatores de confecção de um projeto de drenagem é saber da capacidade de sarjeta, podendo ela ser uma sarjeta com depressão, ou uma sarjeta simples, e é notado que em todo o percurso do centro da cidade de Irecê são sarjetas simples, como pode ser observado na imagem a seguir.

**Figura 12 - Sarjetas ao longo de um dos trechos.**



#### 5.4.1 Cálculo dos trechos.

Como a área total, foi toda dividida em trechos, ao todo foram 9, cada trecho teve o cálculo de vazão de projeto para assim ajudar no dimensionamento das galerias, segue resultado trecho a trecho.

##### 5.4.1.1 Trecho I

No trecho I teve como comprimento total da sua galeria principal 896 metros, com uma quantidade em seu trecho principal de 17 poços de visita, sabendo que o trecho tem ramificações que ajuda na contribuição de água que chega na galeria principal.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 6 – Parâmetros do trecho I**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	Tc (min)		Q (m <sup>3</sup> /s)	D (m)	S (n/m)	Rh/D	Rh	y/D	y/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)		
			Trecho	Acumulado										mont	jus	mont	jus	mont	jus	
pv1.1-pv2	80	0,002334	0,002334	10	0,382626	0,5	0,0125	0,304163429	0,152082	0,798781	79,8781	2,275333	0,585995	747	746	745,85	744,85	1,15	1,15	
pv1.2-pv2	80	0,002945	0,002334	10	0,382626	0,5	0,025	0,301155686	0,150578	0,743952	74,3952	3,196559	0,417115	748	746	746,85	744,85	1,15	1,15	
pv2-pv3	70	0,001722	0,007001	11,00311	1,108052	0,8	0,014	0,288804679	0,231044	0,653709	65,37088	3,182234	0,366619	746	745	744,4	743,4	1,6	1,6	
pv3-pv4	67	0,001953	0,008954	11,36973	1,399614	0,9	0,00746	0,281812974	0,253632	0,618695	61,86953	2,471973	0,451731	745	744,5	743,25	742,75	1,75	1,75	
pv1.3-pv4	75	0,00351	0,00351	10	0,575415	0,6	0,02	0,292853619	0,175712	0,67721	67,72101	3,168995	0,394447	746	744,5	744,7	743,2	1,3	1,3	
pv4-pv5	60	0,001422	0,013886	12,21591	2,110644	1,1	0,0083	0,270471451	0,297519	0,570686	57,06858	2,90015	0,34481	744,5	744	742,45	741,95	2,05	2,05	
pv5-pv6	67	0,001422	0,015308	12,56072	2,301073	1,1	0,032	0,278356903	0,306193	0,603291	60,32909	5,804659	0,192374	744,5	741,8	742,45	738,95	2,05	2,85	
pv1.4-pv2.1	80	0,005452	0,005452	10	0,893778	0,7	0,025	0,29946232	0,209624	0,72893	72,89302	3,983371	0,334557	744	742	742,55	739,75	1,45	2,25	
pv2.1-pv6	70	0,003507	0,008959	10,33456	1,451308	1,1	0,00285	0,235420486	0,258963	0,45663	45,663	1,549241	0,753057	742	741,8	739,95	738,95	2,05	2,85	
pv6-pv7	85	0,00253	0,026797	13,8407	3,870629	1,2	0,0211	0,301172147	0,361407	0,744135	74,4135	5,26434	0,269106	741,8	740	739,6	737	2,2	3	
pv1.5-pv2.2	57	0,0023	0,0023	10	0,377052	0,5	0,017	0,301511333	0,150756	0,747904	74,79037	6,326025	0,360118	742	741	740,85	739,05	1,15	1,95	
pv2.2-pv7	68	0,000729	0,003029	10,36012	0,490239	0,6	0,0147	0,284652817	0,170792	0,632264	63,22641	2,665887	0,425124	741	740	739,7	737,9	1,3	2,1	
pv7-pv8	22	0,000232	0,003058	14,89505	4,207741	1,3	0,0091	0,292109319	0,379742	0,672558	67,25582	3,571555	0,102617	740	739,8	737,65	736,65	2,35	3,15	
pv8-pv9	50	0,001185	0,031243	14,99767	4,360609	1,3	0,016	0,294881021	0,383345	0,690579	69,05787	4,767881	0,174781	739,8	739	737,45	735,85	2,35	3,15	
pv9-pv10	80	0,002014	0,033257	15,17245	4,618322	1,3	0,0125	0,298919129	0,388595	0,721992	72,19922	5,425637	0,313531	739	738	736,65	734,85	2,35	3,15	
pv10-pv11	50	0,00176	0,035017	15,48598	4,81928	1,3	0,02	0,300002044	0,390003	0,731134	73,11338	5,392192	0,154544	738	737	735,65	733,85	2,35	3,15	
pv11-pv12	52	0,001316	0,036333	15,64053	4,978518	1,3	0,019	0,303067792	0,393988	0,76954	76,95399	5,291403	0,163788	737	736	734,65	732,85	2,35	3,15	
pv1.6-pv2.3	65	0,004704	0,004704	10	0,771154	0,7	0,031	0,288248432	0,201774	0,650781	65,07812	4,326428	0,250399	740	738	738,55	735,75	1,45	2,25	
pv2.3-pv12	65	0,00243	0,007134	10,2504	1,159116	0,8	0,031	0,270732702	0,216586	0,538954	53,89544	4,535654	0,238848	738	736	736,4	733,6	1,6	2,4	
pv12-pv13	58	0,001558	0,045025	16,29356	6,057949	1,4	0,034	0,303000509	0,424201	0,768579	76,85787	7,435766	0,130002	736	734	733,5	729,9	2,5	4,1	
pv13-pv14	55	0,001601	0,046626	16,42356	6,25093	1,4	0,01818	0,303954734	0,425537	0,791824	79,18245	5,448708	0,168236	734	733	731,5	729,7	2,5	3,3	
pv1.7-pv2.4	60	0,000564	0,000564	10	0,09246	0,3	0,016	0,298874138	0,089662	0,721583	72,15831	1,809971	0,552495	737	736	736,15	734,35	0,85	1,65	
pv2.4-pv3.1	67	0,00126	0,001824	10,55249	0,293223	0,5	0,029	0,282217734	0,141109	0,620561	62,05606	3,296911	0,338701	736	734	734,85	732,05	1,15	1,95	
pv3.1-pv14	57	0,00144	0,003264	10,8912	0,518584	0,6	0,0175	0,289514321	0,173709	0,657444	65,74438	2,941746	0,322937	734	733	732,7	730,9	1,3	2,1	
pv14-pv15	41	0,000352	0,050242	17,80593	6,490615	1,4	0,024	0,30433538	0,42607	0,823538	82,3538	6,265627	0,109061	733	732	730,5	728,7	2,5	3,3	
pv1.8-pv2.5	42	0,001036	0,01036	10	0,169837	0,4	0,012	0,28647431	0,11459	0,641444	64,14437	1,845977	0,379203	735	734,5	734	732,7	1	1,8	
pv2.5-pv3.2	65	0,001079	0,002115	10,3792	0,342079	0,5	0,023	0,295080625	0,14754	0,692004	69,20045	3,024659	0,358167	734,5	733	733,35	731,05	1,15	1,95	
pv3.2-pv15	58	0,001176	0,003291	10,73737	0,525661	0,6	0,017241	0,290655218	0,174393	0,663854	66,38542	2,927594	0,330191	733	732	731,7	729,9	1,3	2,1	
pv15-pv16	45	0,0007283	0,054261	18,98255	6,801501	1,4	0,0222	0,300964964	0,421351	0,877591	87,75912	5,981514	0,125386	732	731	729,5	727,7	2,5	3,3	
pv1.9-pv2.6	65	0,001274	0,001274	10	0,208854	0,5	0,0076	0,251361242	0,125681	0,502097	50,20966	1,562395	0,69338	732	731,5	730,85	729,55	1,15	1,95	
pv2.6-pv16	58	0,00132	0,002594	10,69338	0,414964	0,6	0,0086	0,269510852	0,161707	0,567077	56,70772	1,966103	0,491666	731,5	731	730,2	728,9	1,3	2,1	
pv16-pv17	75	0,002432	0,059287	20,29299	7,195711	1,5	0,0266	0,302426417	0,45364	0,760377	76,03774	6,877862	0,181743	731	729	728,35	725,55	2,65	3,45	

Com perfil longitudinal da área apresentado de tal forma.

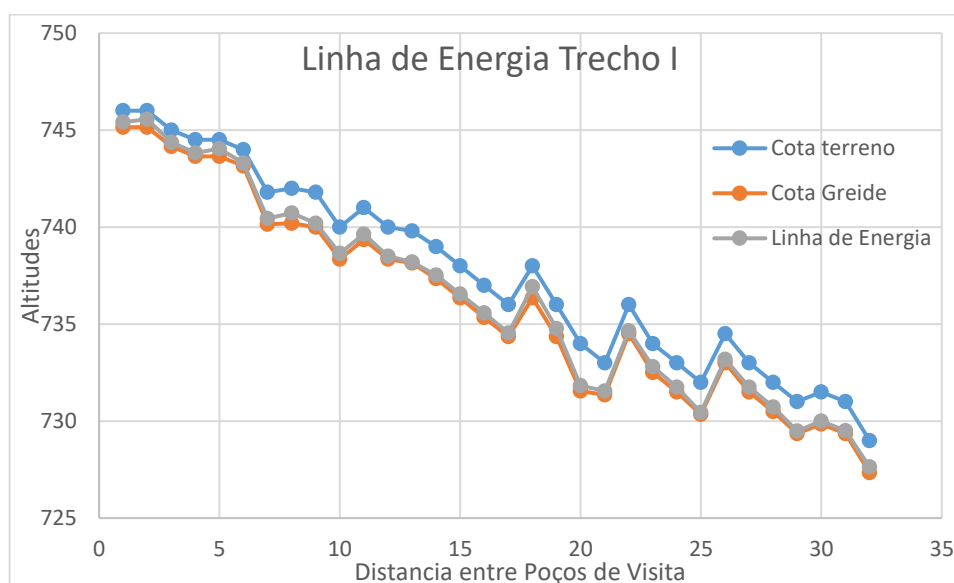
**Figura 13 - Perfil Longitudinal Trecho I**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

Obtendo ao fim do trecho, a relação Cota do Terreno, Cota do Greide e linha de energia de acordo com a tabela e o gráfico a seguir.

**Gráfico 3 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de energia do trecho I**



Onde se observado, a linha de energia está a baixo da cota do terreno, notando que nesse trecho a galeria toda opera sem pressão.

#### 5.4.1.2 Trecho II.

Trecho II de cor amarela no mapa, tem comprimento da galeria principal de 879,985 m, com 18 poços de visitas, tendo nele também várias ramificações que contribuíram para os valores de vazão que chegava na galeria principal.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 8 – Parâmetros trecho II**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)		Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m) Rh/D		Rh	y/D	y/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)	
		Trecho	Acumulado				mont	jus						mont	jus	mont	jus		
pv1.1-pv2	50	0,001913	0,001913	10	0,31360916	0,5	0,01	0,28803	0,14401585	0,64964055	64,964055	1,9625113	0,42462601	744,5	744	743,35	742,9	1,15	1,2
pv1.2-pv2	26	0,000346	0,000346	10	0,05672178	0,3	0,038	0,25614	0,07684303	0,51981757	51,981757	2,5167115	0,17218236	745	744	744,15	743,2	0,85	0,9
pv2-pv3	60	0,001392	0,003651	10,597	0,58602057	0,6	0,017	0,29876	0,17925555	0,72053865	72,053865	2,9257761	0,34178966	744	743	742,7	741,7	1,3	1,3
pv3-pv4	66	0,003508	0,007159	10,939	1,13556942	0,8	0,018	0,29091	0,23272406	0,66532395	66,532395	3,6718252	0,29957853	743	742	741,4	740,2	1,6	1,6
pv4-pv5	70	0,002165	0,009324	11,238	1,46394267	0,8	0,026	0,30436	0,24349026	0,82628212	82,628212	4,4650492	0,26128865	741,8	741	740,2	739,4	1,6	1,6
pv1.3-pv2.1	63	0,002466	0,002466	10	0,40426565	0,5	0,016	0,30412	0,15206242	0,79	79	2,5578894	0,41049468	744	743	742,85	741,9	1,15	1,2
pv2.1-pv5	66	0,003651	0,006117	10,41	0,98826994	0,7	0,03	0,30405	0,21283227	0,79487014	79,487014	4,432189	0,24818436	743	741	741,55	739,6	1,45	1,5
pv5-pv6	54	0,000854	0,016295	12,158	2,48146181	1	0,019	0,3032	0,30319884	0,77197688	77,197688	4,386924	0,20515514	741	740	739,1	738,1	1,9	1,9
pv6-pv7	41	0,000585	0,01688	12,363	2,5535166	1	0,019	0,304	0,30400278	0,79342605	79,342605	4,4514394	0,1535084	740	739	738,1	737,3	1,9	1,9
pv1.4-pv2.2	51	0,00188	0,00188	10	0,30819928	0,5	0,03	0,28655	0,14327331	0,64182437	64,182437	3,3874752	0,25092434	741	740	739,85	738,4	1,15	1,2
pv2.2-pv7	47	0,001601	0,003481	10,251	0,56557448	0,7	0,006	0,25997	0,18197797	0,53265008	53,265008	1,8206289	0,43025425	739,5	739	738,05	736,2	1,45	3,1
pv7-pv8	50	0,000832	0,021193	13,198	3,12225583	1,6	0,002	0,2146	0,34336004	0,40100062	40,100062	1,5663438	0,53202453	739,2	739	736,4	734,7	2,8	4,4
pv8-pv9	63	0,00119	0,022383	13,73	3,24396071	1,7	0,002	0,20405	0,34687916	0,37487278	37,487278	1,3657454	0,76881096	739,1	739	736,15	734,5	2,95	4,6
pv9-pv10	52	0,001455	0,023838	14,499	3,37602812	1,7	0,019	0,20742	0,35261979	0,38305852	38,305852	4,9142045	0,1763595	739	738	736,05	733,5	2,95	4,6
pv10-pv11	60	0,001309	0,025147	14,675	3,54296036	1,7	0,017	0,21151	0,3595618	0,39326735	39,326735	4,6534498	0,21489433	738	737	735,05	732,5	2,95	4,6
pv1.5-pv2.3	55	0,00154	0,00154	10	0,25246111	0,5	0,009	0,26849	0,13424321	0,56328305	56,328305	1,7854545	0,51340801	738	738	736,85	734,8	1,15	2,8
pv2.3-pv11	80	0,002304	0,003844	10,513	0,61880084	0,7	0,006	0,26842	0,18789185	0,56302567	56,302567	1,8524675	0,71976071	737,5	737	736,05	734	1,45	3,1
pv11-pv12	47	0,001832	0,030823	16,123	4,16673389	1,7	0,021	0,27598	0,38417431	0,43049969	43,049969	5,4961525	0,14252395	737	736	734,05	731,5	2,95	4,6
pv12-pv13	23	0,00024	0,031063	16,266	4,18262334	1,7	0,052	0,22633	0,38471633	0,43136141	43,136141	8,6241818	0,0444866	736	735	733,05	730,3	2,95	4,6
pv1.6-pv13	74	0,00324	0,00324	10	0,53115195	0,7	0,007	0,25401	0,17780802	0,51294016	51,294016	1,8487466	0,66711936	735	735	733,55	731,8	1,45	3,1
pv13-pv14	65	0,001753	0,036056	16,977	4,76156853	2	0,001	0,19993	0,39985363	0,36506385	36,506385	1,359644	0,79677718	734,8	734	731,4	729	3,4	5
pv1.7-pv14	67	0,002925	0,002925	10	0,47951218	0,7	0,007	0,24448	0,17113464	0,48296383	48,296383	1,901662	0,58720564	735	734	733,55	731	1,45	3,1
pv14-pv15	36	0,000585	0,039566	17,694	5,12640803	2	0,056	0,20613	0,41226846	0,37984341	37,984341	9,3212008	0,06436939	734	732	730,5	727	3,4	5
pv1.8-pv15	80	0,002736	0,002736	10	0,44852831	0,6	0,025	0,27666	0,16599472	0,59590379	59,590379	3,4111815	0,39087142	734	732	732,7	729,1	1,3	2,9
pv15-pv16	35	0,00541	0,047712	18,566	6,04401794	2	0,014	0,22031	0,44062987	0,41556562	41,556562	4,9286967	0,11835448	732	732	728,6	726,5	3,4	5
pv16-pv17	32	0,00541	0,053122	18,684	6,70910868	2	0,047	0,22966	0,45931792	0,44044155	44,044155	9,1989265	0,05797778	731,5	730	728,1	725	3,4	5
pv1.9-pv2.4	65	0,002385	0,002385	10	0,39098685	0,5	0,023	0,30322	0,15160772	0,77230874	77,230874	3,0866839	0,35096996	732	731	730,85	727,8	1,15	2,8
pv2.4-pv17	52	0,001104	0,003489	10,351	0,56487112	0,7	0,01	0,25985	0,18189698	0,53225112	53,225112	2,2479362	0,38553882	730,5	730	729,05	727	1,45	3,1
pv17-pv18	68	0,00114	0,057751	19,378	7,16771061	2	0,015	0,23568	0,47136982	0,30576612	30,576612	5,2453179	0,21606571	730	729	726,6	724	3,4	5

Com perfil longitudinal do trecho ao qual pertence esses 18 postos de visita.

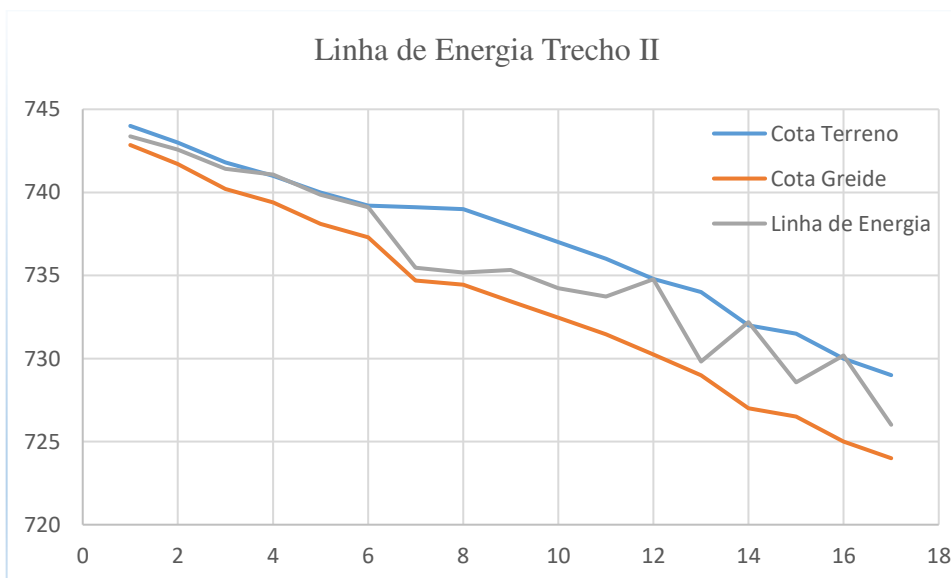
**Figura 14 - Perfil Longitudinal Trecho II**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

Obtendo ao fim a relação entre Cota do Terreno, Cota do Greide e Linha de Energia.

**Gráfico 4 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho II**





Em linha geral esse trecho trabalha boa parte de seu percurso sobre pressão, onde a linha de energia se aproxima da cota do terreno, mas não ultrapassa.

### 5.4.1.3 Trecho III

O trecho III acabou sendo o trecho com mais ramificações de toda a área do Centro da cidade de Irecê, indicado no mapa de trechos pela cor roxa, o trecho III teve comprimento de 992,922 m sendo o segundo trecho maior da área, e por conta de suas ramificações o trecho com maior número de postos de visita. A galeria principal do trecho tem ao todo 18 poços de visitas, sendo o ponto mais alto 743 até o ponto mais baixo 729.

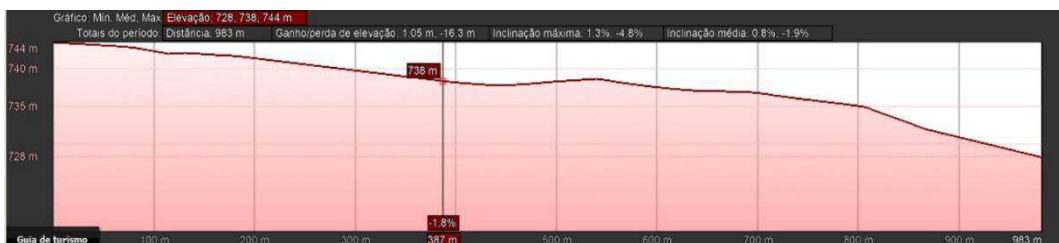
E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 10 – Parâmetros Trecho III**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )		Tc (min)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (m)	S (m/m) Rh/D		γ/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)			
		Trecho	Acumulado				Rh	γ/D				mont	jus	mont	jus	mont	jus		
pv1.1-pv2	85	0,004075	0,004075	10	0,66804	0,6	0,022	0,3043	0,18258	0,82	82	3,43289	0,41267	743	741	741,7	739,2	1,3	1,9
pv2.1-pv2	44	0,001995	0,001995	10	0,32705	0,7	0,002	0,210092	0,14706	0,38973	38,9731	0,94818	0,77341	741,2	741	739,75	739,05	1,45	2,05
pv2-pv3	69	0,001408	0,007478	11,19	1,17618	1,2	0,001	0,197002	0,2364	0,35814	35,8144	1,0363	1,10971	741,1	741	738,9	738,2	2,2	2,8
pv3-pv3	85	0,0032	0,0032	10	0,52459	0,6	0,023	0,290491	0,17429	0,66289	66,2888	3,38007	0,41912	743	741	741,7	739,1	1,3	1,9
pv3-pv4	46	0,001591	0,012269	12,71	1,83521	1,2	0,022	0,235664	0,2828	0,45733	45,7326	4,53334	0,16912	741	740	738,8	737,2	2,2	2,8
pv4-pv5	52	0,00162	0,013889	12,88	2,06643	1,2	0,019	0,246651	0,29598	0,48955	48,9549	4,37279	0,1982	740	739	737,8	736,2	2,2	2,8
pv1.4-pv2.1	42	0,000868	0,000868	10	0,1423	0,4	0,012	0,270547	0,10822	0,57099	57,099	1,76949	0,39559	740	740	739	737,9	1	1,6
pv2.1-pv5	50	0,0009	0,001768	10,4	0,28579	0,5	0,01	0,279905	0,13995	0,61002	61,0024	1,92542	0,43281	739,5	739	738,35	737,25	1,15	1,75
pv5-pv6	80	0,00121	0,016867	13,91	2,43116	1,2	0,006	0,261939	0,31433	0,53944	53,9444	2,61055	0,51075	739	739	736,8	735,7	2,2	2,8
pv6-pv7	75	0,00208	0,018947	14,42	2,6895	1,3	0,004	0,251848	0,3274	0,50431	50,4309	2,14597	0,58249	738,5	738	736,15	735,25	2,35	2,95
pv1.5-pv2.2	60	0,00244	0,00244	10	0,4	0,6	0,008	0,266026	0,15962	0,55417	55,4169	1,91828	0,5213	741	741	739,7	738,6	1,3	1,9
pv2.2-pv3.1	70	0,0014	0,00384	10,52	0,61799	0,7	0,007	0,268292	0,1878	0,56256	56,2564	1,97936	0,58942	740,5	740	739,05	737,95	1,45	2,05
pv1.6-pv2.3	41	0,001899	0,001899	10	0,31131	0,5	0,024	0,287402	0,1437	0,64632	64,6325	3,03587	0,22509	742	741	740,85	739,25	1,15	1,75
pv2.3-pv3.1	40	0,000886	0,002785	10,23	0,45291	0,6	0,025	0,277536	0,16652	0,59972	59,9721	3,41839	0,19502	741	740	739,7	738,1	1,3	1,9
pv3.1-pv7	85	0,002261	0,008886	10,42	1,43515	0,8	0,021	0,304288	0,24343	0,80884	80,8845	4,04511	0,35022	740	738	738,4	736	1,6	2,2
pv7-pv8	40	0,000636	0,028469	16,88	3,76901	1,5	0,003	0,247318	0,37098	0,49126	49,1263	1,84391	0,36155	738,2	738	735,55	734,85	2,65	3,25
pv8-pv9	40	0,000636	0,029105	17,25	3,81598	1,5	0,003	0,248804	0,37321	0,49489	49,4888	1,85129	0,36011	738,1	738	735,45	734,75	2,65	3,25
pv9-pv10	32	0,003819	0,032924	17,61	4,27568	1,5	0,006	0,259081	0,38862	0,5296	52,9604	3,00721	0,17735	738	738	735,35	734,55	2,65	3,25
pv10-pv11	85	0,00208	0,035004	17,78	4,52467	1,5	0,021	0,264372	0,39656	0,54812	54,8116	5,60967	0,25254	737,8	736	735,15	732,75	2,65	3,25
pv11-pv12	50	0,00081	0,035814	18,04	4,59899	1,5	0,01	0,265901	0,39885	0,55371	55,3708	3,87031	0,21531	736	736	733,35	732,25	2,65	3,25
pv12-pv13	53	0,000664	0,036478	18,25	4,65825	1,5	0,009	0,267113	0,40067	0,55819	55,8195	3,7704	0,23428	735,5	735	732,85	731,75	2,65	3,25
pv13-pv14	44	0,000886	0,037364	18,49	4,74279	1,5	0,023	0,268818	0,40323	0,56451	56,4511	5,87378	0,12485	735	734	732,35	730,75	2,65	3,25
pv14-pv15	37	0,000419	0,037783	18,61	4,78072	1,5	0,027	0,269579	0,40437	0,56733	56,7331	6,42046	0,09605	734	733	731,35	729,75	2,65	3,25
pv15-pv16	35	0,000419	0,038202	18,71	4,82198	1,5	0,028	0,270399	0,4056	0,5704	57,0396	6,5491	0,08907	733	732	730,35	728,75	2,65	3,25
pv16-pv17	46	0,001317	0,039519	18,8	4,97697	1,5	0,043	0,273279	0,40992	0,58191	58,1915	8,21136	0,09337	732	730	729,35	725,15	2,65	4,85
pv17-pv18	52	0,001004	0,040523	18,89	5,09139	1,5	0,019	0,273279	0,40992	0,59	59	5,46587	0,15856	730	729	727,35	725,75	2,65	3,25
pv1.7-pv18	85	0,00234	0,00234	10	0,38361	0,5	0,024	0,302337	0,15117	0,7591	75,91	3,10728	0,45592	731	729	729,85	727,25	1,15	1,75

Com perfil longitudinal disposto de acordo com a figura abaixo.

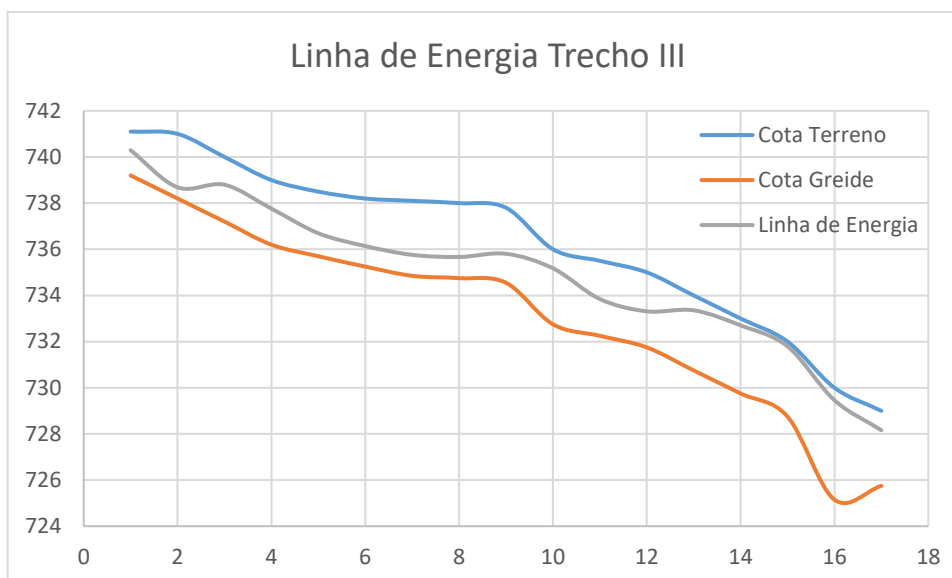
**Figura 15 - Perfil Longitudinal trecho III**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

Obtendo ao fim, a relação entre Cota do Terreno, Cota do Greide e Linha de Energia.

**Gráfico 5 -Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de energia trecho III**



Onde nota-se que o percurso todo da água na galeria se caracteriza com pressão pois a linha de energia está em alguns pontos próximo a cota do terreno.

#### 5.4.1.4 Trecho IV

O trecho IV é o trecho da Avenida Primeiro de Janeiro, que na cidade é a avenida principal que liga a saída e entrada da cidade, tem o maior comprimento de toda a área do estudo, com exatos 1,422 km, com 23 poços de visitas, também o trecho principal com maior número de postos de visita.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 12 – Parâmetros trecho IV**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)		Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m)	Rh/D	Rh	y/D	y/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)	
		Trecho	Acumulado											mont	jus	mont	jus	mont	jus
pv1-pv2	43	0,000845	0,000845	10	0,138526	0,4	0,02325	0,244202	0,097681	0,482126	48,21259	2,310055	0,310238	748	747	747	746	1	1
pv2-pv3	75	0,001935	0,00278	10,31024	0,450732	0,6	0,01333	0,279343	0,167606	0,607578	60,75782	2,506954	0,498613	747	746	745,7	744,7	1,3	1,3
pv1.1-pv3	70	0,001755	0,001755	10	0,287707	0,5	0,00714	0,280503	0,140252	0,612742	61,27418	1,62927	0,716067	746,5	746	745,35	744,85	1,15	1,15
pv3-pv4	75	0,001845	0,00638	11,52492	0,992085	0,8	0,0133	0,27914	0,223312	0,606693	60,66935	3,032066	0,41226	746	745	744,4	743,4	1,6	1,6
pv4-pv5	55	0,001022	0,007402	11,93718	1,135378	0,8	0,00909	0,290934	0,232747	0,665495	66,54953	2,576778	0,355741	745	744,5	743,4	742,9	1,6	1,6
pv5-pv6	68	0,000836	0,008238	12,29292	1,249038	1	0,00441	0,245097	0,245097	0,484839	48,48394	1,857733	0,610063	744,5	744,2	742,6	742,3	1,9	1,9
pv1.2-pv6	85	0,002064	0,002064	10	0,338363	0,5	0,00941	0,294252	0,147126	0,686349	68,63487	1,931049	0,733625	745	744,2	743,85	743,05	1,15	1,15
pv6-pv7	65	0,001753	0,012055	13,63661	1,752117	1,2	0,00307	0,231482	0,277778	0,445506	44,55058	1,684898	0,642967	744,2	744	742	741,8	2,2	2,2
pv7-pv8	67	0,001455	0,01351	14,27957	1,925831	1,2	0,0149	0,240164	0,288196	0,470187	47,01873	3,804149	0,293539	744	743	741,8	740,8	2,2	2,2
pv8-pv9	59	0,001368	0,014878	14,57311	2,102464	1,2	0,00338	0,248736	0,298483	0,494721	49,47213	1,854713	0,530181	743	742,8	740,8	740,6	2,2	2,2
pv9-pv10	58	0,001312	0,01619	15,10329	2,252755	1,2	0,00517	0,254762	0,305714	0,51536	51,53601	2,330741	0,414746	742,8	742,5	740,6	740,3	2,2	2,2
pv10-pv11	55	0,001312	0,017502	15,51804	2,40655	1,2	0,00909	0,26102	0,313224	0,536276	53,6276	3,140923	0,291846	742,5	742	740,3	739,8	2,2	2,2
pv11-pv12	53	0,000833	0,018335	15,80989	2,500377	1,2	0,01886	0,266903	0,320284	0,557155	55,71545	4,591976	0,192365	742	741	739,8	738,8	2,2	2,2
pv12-pv13	54	0,000833	0,019168	16,00225	2,599927	1,2	0,01851	0,268282	0,321939	0,562527	56,25271	4,564824	0,19716	741	740	738,8	737,8	2,2	2,2
pv13-pv14	63	0,000985	0,020153	16,19941	2,718583	1,2	0,015873	0,27243	0,326917	0,578522	57,85218	4,27064	0,245865	740	739	737,8	736,8	2,2	2,2
pv14-pv15	65	0,000985	0,021138	16,44528	2,832183	1,2	0,015385	0,276199	0,331438	0,593907	59,39067	4,243104	0,255316	739	738	736,8	735,8	2,2	2,2
pv15-pv16	65	0,001178	0,022316	16,70059	2,969223	1,2	0,015385	0,2805	0,3366	0,612727	61,27275	4,287045	0,252699	738	737	735,8	734,8	2,2	2,2
pv16-pv17	62	0,001763	0,024079	16,95329	3,181943	1,2	0,032258	0,286576	0,343891	0,64198	64,19801	6,297073	0,164097	737	735	734,8	731,8	2,2	3,2
pv17-pv18	62	0,001001	0,02508	17,11739	3,299632	1,2	0,016129	0,289738	0,347685	0,65862	65,86201	4,485392	0,230377	735	734	732,8	731,2	2,2	2,8
pv18-pv19	80	0,00123	0,02631	17,34777	3,440233	1,2	0,0125	0,29309	0,351708	0,678687	67,86871	3,979071	0,335087	734	733	731,8	730,2	2,2	2,8
pv19-pv20	60	0,001786	0,028096	17,68285	3,641371	1,2	0,016667	0,297303	0,356763	0,708481	70,8481	4,638557	0,215584	733	732	730,8	729,2	2,2	2,8
pv20-pv21	62	0,001053	0,029149	17,89844	3,756584	1,2	0,016129	0,299392	0,359927	0,726291	72,62911	4,584484	0,225398	732	731	729,8	728,2	2,2	2,8
pv21-pv22	58	0,001053	0,030202	18,12384	3,869564	1,2	0,017241	0,301185	0,361421	0,744273	74,42731	4,758835	0,203131	731	730	728,8	727,2	2,2	2,8
pv22-pv23	70	0,001053	0,031255	18,32697	3,983554	1,2	0,014286	0,30263	0,363155	0,763279	76,32789	4,345616	0,26847	730	729	727,8	726,2	2,2	2,8

Com perfil longitudinal ao longo do trecho disposto na imagem a seguir.

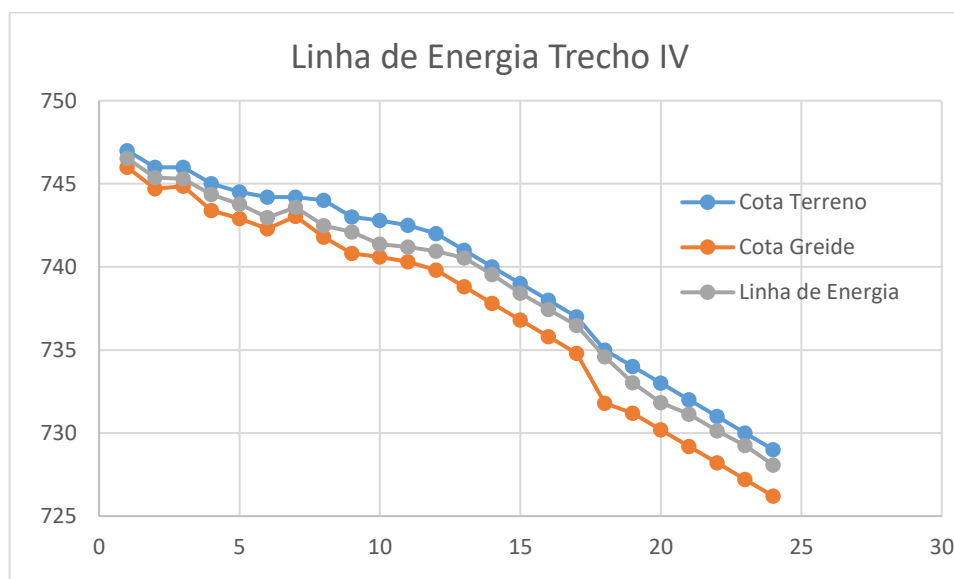
**Figura 16 - Perfil Longitudinal trecho IV**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

Obtendo ao fim, a relação entre Cota do Terreno, Cota do Greide e Linha de Energia.

**Gráfico 6 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e linha de energia trecho IV**



Notando, que em todo o percurso da galeria, a água passará sobre um pouco de pressão, já que a linha de energia está bastante próxima da cota do terreno.

#### 5.4.1.5 Trecho V

O trecho V está representado no mapa pela cor verde, um trecho relativamente pequeno em comparação aos 4 trechos feitos até então. A quantidade de poços de visitas são de 12 em sua galeria principal, sem levar em conta os postos de visitas das ramificações, ao longo do seu percurso de 546 m.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 14 – Parâmetros Trecho V**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)		Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m)	Rh/D		γ/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)			
		Trecho	Acumulado					Rh	γ/D				mont	jus	mont	jus	mont	jus		
pv1-pv2	21	0,000363	0,000363	10	0,05950869		0,3	0,047619	0,2606915	0,078207	0,535143	53,51431	2,850544	0,122784	740	739	739,15	737,55	0,85	1,45
pv2-pv3	59	0,0009	0,001263	10,12278358	0,206143127		0,4	0,016949	0,3010058	0,120402	0,742286	74,22861	2,26744	0,433676	739	738	738	736,4	1	1,6
pv3-pv4	53	0,000804	0,002067	10,55645914	0,332241304		0,6	0,003774	0,2490882	0,149453	0,495581	49,5581	1,235716	0,714835	738	737,2	736,7	735,3	1,3	1,9
pv1.1-pv4	57	0,000924	0,000924	10	0,151476667		0,4	0,01403	0,276272	0,110509	0,594226	59,42261	1,948343	0,487594	738	737,2	737	735,6	1	1,6
pv4-pv5	53	0,001832	0,004823	11,75888831	0,744154257		0,7	0,0226	0,2851919	0,199634	0,63496	63,49597	3,667891	0,240829	737,2	736	735,75	733,95	1,45	2,05
pv1.2-pv2.1	20	0,00148	0,00148	10	0,242624964		0,4	0,06	0,2995	0,1198	0,89	89	4,251924	0,078396	739	737,8	738	736,2	1	1,6
pv2.1-pv3.1	62	0,000949	0,002429	10,07839589	0,397083279		0,6	0,00483	0,2653383	0,159203	0,551623	55,16234	1,458186	0,708643	737,8	737,5	736,5	735,6	1,3	1,9
pv3.1-pv4.1	61	0,001027	0,003456	10,78703879	0,551066736		0,7	0,00491	0,2574948	0,180246	0,524316	52,43159	1,597069	0,636583	737,5	737,2	736,05	735,15	1,45	2,05
pv4.1-pv5	58	0,001333	0,004789	11,42362159	0,74721978		0,7	0,02068	0,2855463	0,199882	0,636731	63,67313	3,511534	0,275283	737,2	736	735,75	733,95	1,45	2,05
pv5-pv6	60	0,001598	0,01121	13,69862188	1,626217512		0,9	0,016667	0,294444	0,265	0,687627	68,76267	3,804461	0,262849	736	735	734,25	732,65	1,75	2,35
pv6-pv7	47	0,000999	0,012209	13,9614712	1,757065742		0,9	0,021277	0,2989308	0,269848	0,730308	73,03081	4,350798	0,180044	735	734	733,25	731,65	1,75	2,35
pv1.3-pv2.2	25	0,000498	0,000498	10	0,081640022		0,3	0,04	0,2894794	0,086844	0,65726	65,72602	2,801526	0,148728	736	735	735,15	733,55	0,85	1,45
pv2.2-pv3.2	50	0,001056	0,001554	10,14872848	0,25340473		0,5	0,01	0,2688409	0,13442	0,564596	56,45959	1,874342	0,4446	735	734,5	733,85	732,75	1,15	1,75
pv3.2-pv4	49	0,00099	0,002544	10,59332893	0,408386028		0,6	0,010204	0,2679912	0,160795	0,561449	56,1449	2,13357	0,38277	734,5	734	733,2	732,1	1,3	1,9
pv7-pv8	30	0,000442	0,015195	15,11761385	2,113432488		0,9	0,033333	0,2989844	0,269005	0,894037	89,40371	5,4344	0,092006	734	733	732,25	730,65	1,75	2,35
pv2.3-pv2.3	60	0,002304	0,002304	10	0,377708052		0,5	0,016667	0,3016121	0,150806	0,749023	74,90234	3,612616	0,382758	735	734	733,85	732,25	1,15	1,75
pv2.3-pv8	55	0,001178	0,003482	10,38275818	0,563106044		0,6	0,018182	0,2959665	0,17758	0,698332	69,83324	3,042892	0,301249	734	733	732,7	731,1	1,3	1,9
pv8-pv9	39	0,000832	0,019509	15,89362703	2,654231041		1	0,025641	0,3043626	0,304363	0,826258	82,62579	5,17528	0,125597	733	732	731,1	729,5	1,9	2,5
pv1.5-pv2.4	60	0,001999	0,001999	10	0,327707637		0,5	0,016667	0,2917644	0,145882	0,670402	67,04024	2,555433	0,391323	734	733	732,85	731,25	1,15	1,75
pv2.4-pv9	70	0,001462	0,003461	10,39132309	0,559541027		0,6	0,014286	0,2955053	0,177303	0,6595038	65,95038	2,694433	0,432992	733	732	731,7	730,1	1,3	1,9
pv9-pv10	66	0,004	0,02697	16,84353878	3,574560021		1,2	0,015152	0,2959474	0,355137	0,698196	69,81955	4,409241	0,249476	732	731	729,8	728,2	2,2	2,8
pv1.6-pv2.5	41	0,001606	0,001606	10	0,263198905		0,5	0,012195	0,2723556	0,136178	0,578222	57,82224	2,087866	0,327288	732	731,5	730,85	729,75	1,15	1,75
pv2.5-pv10	57	0,001606	0,003211	10,32728796	0,520297777		0,6	0,008772	0,2898092	0,173886	0,658896	65,88959	2,084148	0,455822	731,5	731	730,2	729,1	1,3	1,9
pv10-pv11	32	0,000558	0,0030739	17,87612459	3,963802542		1,2	0,03125	0,3023714	0,362846	0,759592	75,95919	6,423597	0,083027	731	730	728,8	726,7	2,2	3,3
pv11-pv12	80	0,00189	0,032629	17,95915179	4,198423356		1,2	0,0125	0,304222	0,365066	0,802201	80,22008	4,079199	0,326862	730	729	727,8	726,2	2,2	2,8

Com perfil longitudinal ao longo do trecho de acordo com a imagem abaixo.

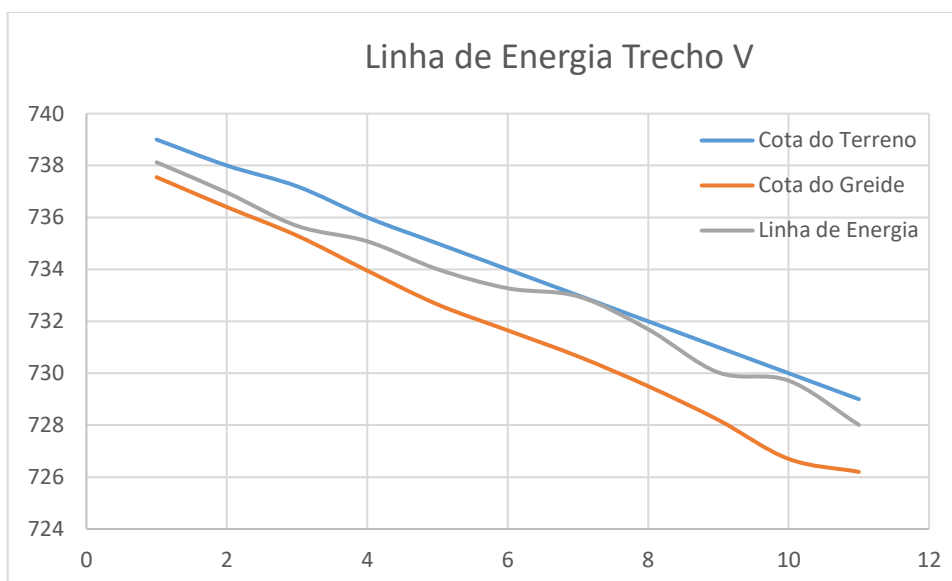
**Figura 17 - Perfil Longitudinal trecho V**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

E a relação entre Cota do terreno, Cota do Greide e Linha de Energia ficou de acordo com o gráfico a seguir.

**Gráfico 7 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho V**





Onde foi observado que ao longo do percurso a água percorreu sobre pressão, já que sua linha de energia está próxima em alguns pontos da cota do terreno.

#### 5.4.1.6 Trecho VI

O trecho VI está disposto no mapa pela cor azul clara, um trecho que contém apenas 8 postos de visita ao longo da sua galeria principal com comprimento de 420 m.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 16 – Parâmetros trecho VI**

TRECHO (PV) L (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )		Tc (min)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (m)	S (m/m)	Rh/D		y/D	v/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)		
	Trecho	Acumulado					mont.	jus					mont.	jus	mont.	jus			
pv1-pv2	43	0,001717	0,001717	10	0,281478	0,5	0,023256	0,2785	0,139249782	0,603911147	60,39111465	2,926403	0,244897	737	736	735,85	734,85	1,15	1,15
pv2-pv3	57	0,000913	0,00263	10,2449	0,4274	0,5	0,008772	0,303317	0,151658318	0,840332704	84,03327036	1,902525	0,499336	736	735,5	734,85	734,35	1,15	1,15
pv3-pv4	66	0,001342	0,003972	10,49934	0,639721	0,7	0,007576	0,271523	0,190066101	0,574892009	57,48920085	2,055203	0,535227	735,5	735	734,05	733,55	1,45	1,45
pv1.1-pv4	62	0,002737	0,002737	10	0,448692	0,6	0,016129	0,276691	0,166014444	0,596046695	59,60466947	2,740144	0,377109	736	735	734,7	733,7	1,3	1,3
pv4-pv5	41	0,000678	0,007387	11,65657	1,143638	0,8	0,02439	0,291482	0,233185669	0,668718155	66,87181546	4,22618	0,161691	735	734	733,4	732	1,6	2
pv5-pv6	52	0,00106	0,008447	11,81826	1,300755	0,8	0,038462	0,300638	0,240510024	0,738375295	73,83752946	5,417606	0,159972	734	732	732,4	729,6	1,6	2,4
pv6-pv7	30	0,00025	0,008697	11,97823	1,332219	0,8	0,033333	0,301955	0,241563979	0,753642475	75,36424747	5,05824	0,098849	732	731	730,4	728,6	1,6	2,4
pv7-pv8	54	0,001995	0,010692	12,07708	1,632526	0,9	0,037037	0,294747	0,265271946	0,689644048	68,96440479	5,675241	0,158584	731	729	729,25	726,45	1,75	2,55

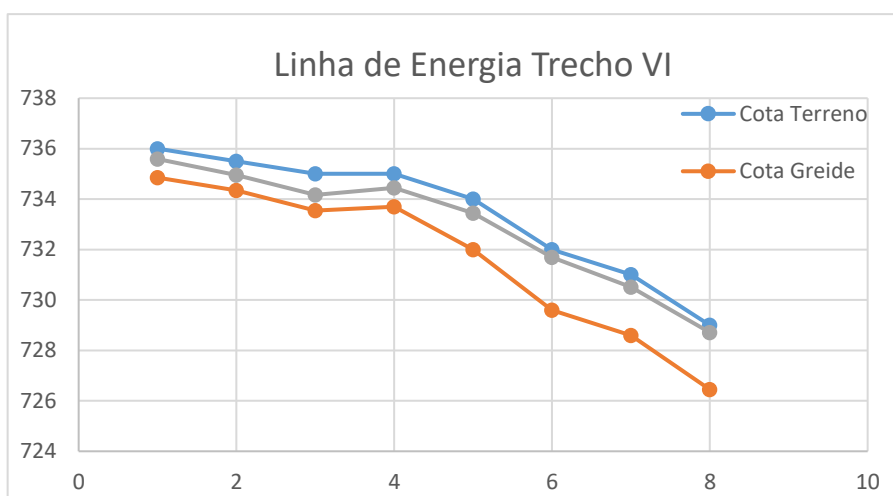
Com perfil longitudinal ao longo do trecho de acordo com a imagem a seguir.

**Figura 18 - Perfil Longitudinal trecho VI**



Fonte: Google Earth Pro., 2017

E a relação entre Cota do Terreno, Cota do Greide e Linha de Energia ficou disposta de acordo com a tabela e o gráfico a seguir.

**Gráfico 8 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VI**

O percurso da água ao longo da galeria se caracteriza por um pouco de pressão, já que a linha de energia se aproxima da Cota do Terreno.

#### 5.4.1.7 Trecho VII

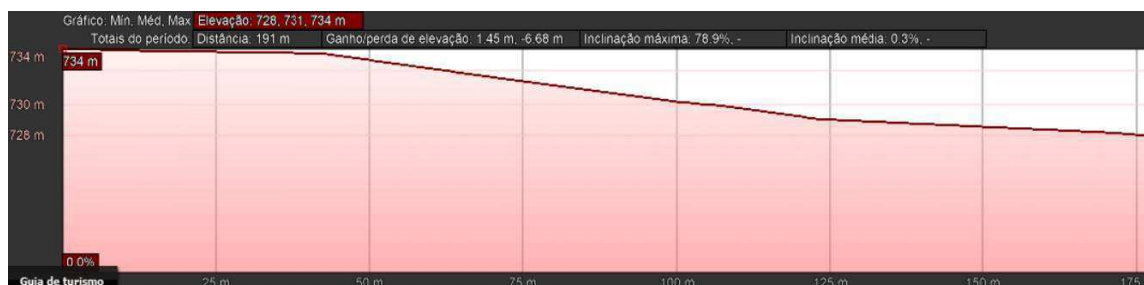
O trecho relativamente pequeno em comparação aos trechos iniciais, dispõe de 5 poços de visita em sua galeria principal, com comprimento total do trecho de 188,75 m.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 18 - Parâmetros trecho VII**

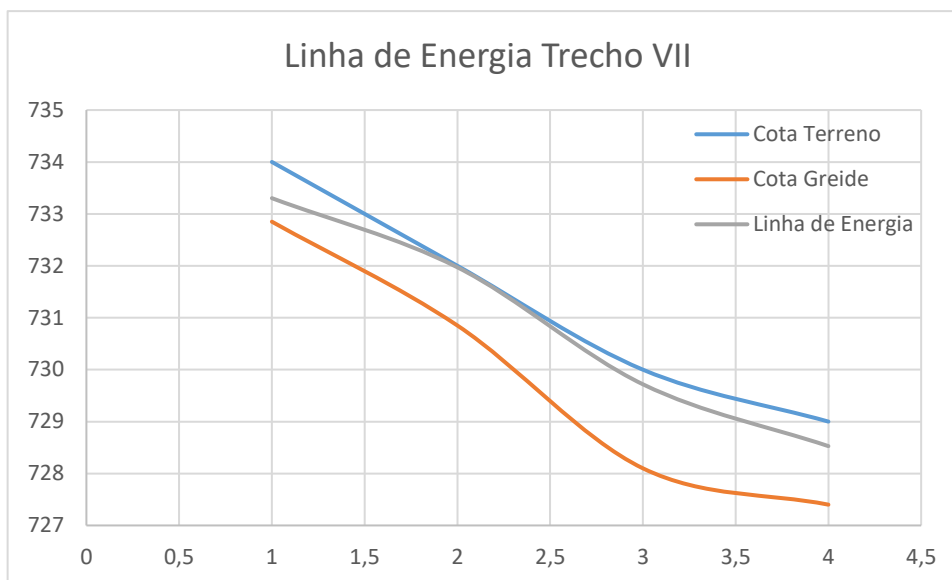
TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)	Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m)	Rh/D	Rh	y/D	y/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)	Cotas do greide(m)	Profundidade (m)		
Trecho	Acumulado												mont	jus	mont	jus	
pv1-pv2	45	0,001385	0,001385	10	0,227051	0,5	0,011111	0,2585108	0,129255	0,527703	52,77026	1,924789	0,389653	734,5	734	733,35	732,85
pv2-pv3	58	0,001088	0,002473	10,38965	0,399834	0,5	0,034483	0,3038687	0,151934	0,788958	78,8958	3,776681	0,255957	734	732	732,85	730,85
pv3-pv4	43	0,001001	0,003474	10,64561	0,556663	0,6	0,046512	0,295133	0,17708	0,692378	69,23784	4,857715	0,147532	732	730	730,7	728,1
pv1.1-pv2.1	62	0,00118	0,00118	10	0,193444	0,5	0,008065	0,243521	0,121761	0,480064	48,00637	1,575791	0,655755	731	730,5	729,85	729,35
pv2.1-pv4	59	0,001248	0,002428	10,65576	0,388918	0,6	0,008475	0,2633899	0,158034	0,544607	54,46067	1,922049	0,511607	730,5	730	729,2	728,7
pv4-pv5	60	0,001207	0,007109	11,9605	1,0896	0,8	0,016667	0,2873522	0,229882	0,646064	64,60643	3,460451	0,28898	730	729	728,4	727,4

Com perfil longitudinal ao longo do trecho de acordo com a figura a seguir.

**Figura 19 - Perfil Longitudinal trecho VII**

Fonte: Google Earth Pro., 2017

A relação entre Cota do terreno, Cota do Greide e Linha de energia disposto no gráfico a seguir.

**Gráfico 9 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VII**

Notou-se que no percurso da água dentro da galeria, está sob pressão, pois a linha de energia se aproxima bastante da cota do terreno.

#### 5.4.1.8 Trecho VIII

O trecho VIII é o menor trecho, não tem nenhuma ramificação, contém apenas 4 poços de visita, ao longo do comprimento de 129,615m.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 20 – Parâmetros trecho VIII**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)		Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m)	Ri/D		y/D	v/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)	
		Trecho	Acumulado					Rh	y/D					mont	jus	mont	jus	mont	jus
pv1-pv2	36	0,002079	0,002079	10	0,340823	0,5	0,027778	0,2948163	0,147408	0,690117	69,01167	3,322016	0,180613	733	732	731,85	730,85	1,15	1,15
pv2-pv3	42	0,00146	0,003539	10,18061	0,576436	0,6	0,02381	0,2976422	0,178585	0,711094	71,10936	3,495246	0,200272	732	731	730,7	729,7	1,3	1,3
pv3-pv4	48	0,00146	0,004999	10,38089	0,808487	0,7	0,041667	0,2922124	0,204549	0,673203	67,32027	5,061713	0,158049	731	729	729,55	726,95	1,45	2,05

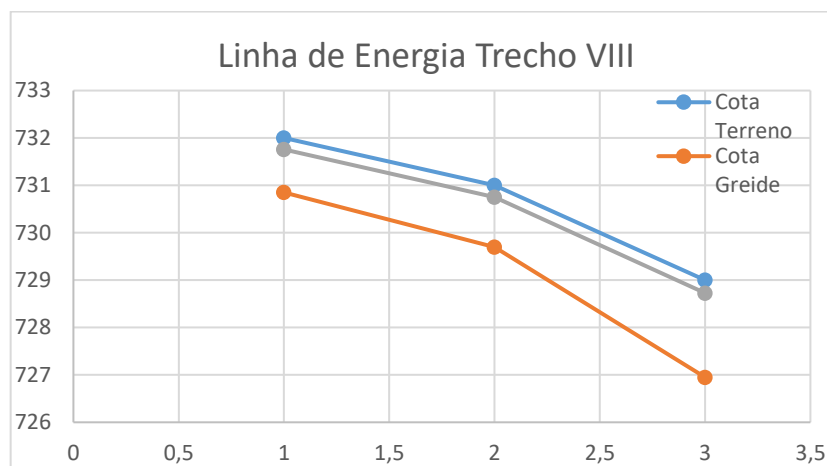
Com perfil longitudinal ao longo do trecho de acordo com a figura abaixo.

**Figura 20 - Perfil Longitudinal trecho VIII**

Fonte: Google Earth Pro., 2017.

Onde obtemos a relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia de acordo com o gráfico a seguir.

**Gráfico 10 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho VIII**



Observando que como a linha de energia desse trecho se aproxima do valor da cota do terreno, a água passará pela galeria sobre pressão.

#### 5.4.1.9 Trecho IX

Trecho nove, composto também por 4 poços de visitas em sua galeria principal, porem tem uma ramificação onde contém um posto de visita que contribui para a vazão na galeria principal. Seu comprimento ao longo de galeria principal é de 161 m.

E todos os seus parâmetros foram encontrados com auxílio da ferramenta office Excel veja a tabela a seguir.

**Tabela 22 – Parâmetros trecho IX**

TRECHO (PV)	L (m)	ÁREA (km2)		Tc (min)	Q (m3/s)	D (m)	S (m/m)	Rh/D		y/D	y/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas do greide(m)		Profundidade (m)	
		Trecho	Acumulado					Rh	y/D					mont	jus	mont	jus	mont	jus
pv1-pv2	40	0,000952	0,000952	10	0,156067	0,4	0,0125	0,2789855	0,111594	0,606024	60,60237	1,851064	0,360153	732	731,5	731	730,5	1	1
pv1.1-pv2	45	0,000952	0,001904	10	0,312134	0,5	0,011111	0,2876267	0,143813	0,647509	64,75089	2,066729	0,362892	732	731,5	730,85	730,35	1,15	1,15
pv2-pv3	80	0,003213	0,005117	10,72305	0,817728	0,7	0,01875	0,2931003	0,20517	0,678752	67,87522	3,402375	0,391883	731,5	730	730,05	728,55	1,45	1,45
pv3-pv4	33	0,000943	0,00606	11,11493	0,955462	0,7	0,030303	0,3030751	0,212153	0,769644	76,96444	4,422969	0,124351	730	729	728,55	726,95	1,45	2,05

Onde tem um perfil longitudinal, ao longo de seu trecho como mostra a figura abaixo.

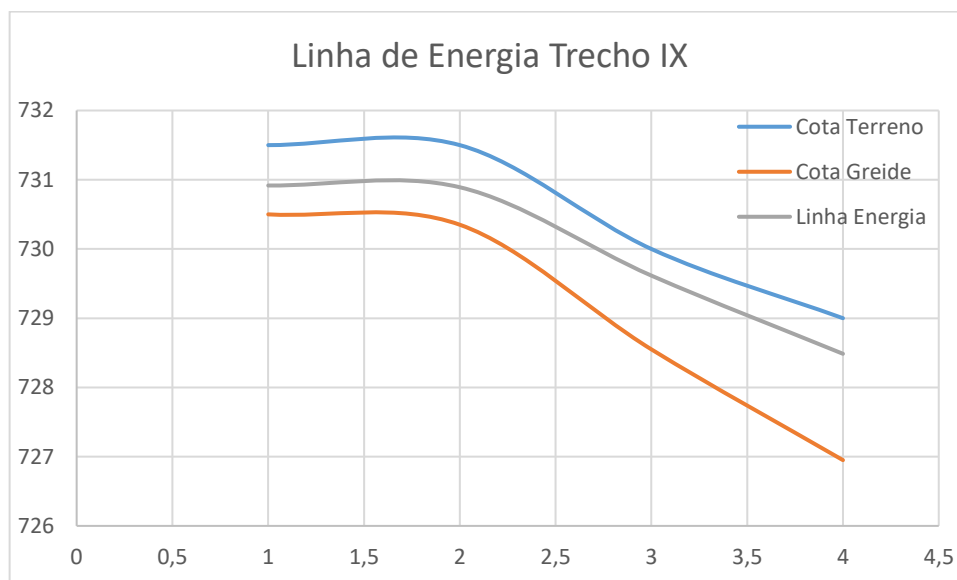
**Figura 21 - Perfil Longitudinal trecho IX**



Fonte: Google Earth Pro., 2017.

Tendo a relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia disposto no gráfico a seguir.

**Gráfico 11 - Relação Cota Terreno, Cota Greide e Linha de Energia trecho IX**



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de drenagem urbana em grandes cidades se tornou um grande empecilho para a população, uma vez que proporciona a perda de bens materiais, neste contexto, o trabalho feito até então, com início na obtenção da equação de chuva da cidade, até elaboração de um plano de drenagem urbana, visa o conforto e comodidade da população inserida no bairro de estudo.

Como a área de estudo é consideravelmente grande, foi necessário a divisão em trechos, para que assim o fluxo de água chegasse ao ponto mais baixo do perímetro, e daí então segue seu fluxo, sempre visando a necessidade de pôr a água descendo gravitacionalmente.

Foi obtido então em todos os trechos, alguns postos de visita que estavam operando acima da pressão, por conta da linha de energia que estava sobrepondo a cota do terreno. As modificações feitas foi na profundidade do greide, colocando então em uma posição um pouco mais baixa do que estava aumentando a velocidade e fazendo com que a água continuasse dentro da galeria evitando que a água da galeria voltasse para rua.

Um dos trechos consideráveis principais de toda a área, é o trecho IV, onde está a principal avenida da cidade, e a avenida que liga as duas rodovias estaduais de grande acesso. Alcançando no fim um resultado bastante satisfatório, levando em consideração a importância do trecho, que não houve nenhuma modificação para ajuste de linha de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCE, 1969. **Desing and Construction of Sanitary and Storme Swers**. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).

ASSMANN, A.; LASTA, C. D. **A Influência da Drenagem Urbana nas Enchentes Rurais: Estudo de Caso no Município de São Jorge d'oeste - PR, 2015**. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5609/1/PB\\_COECI\\_2015\\_1\\_07.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5609/1/PB_COECI_2015_1_07.pdf)>. Acesso em: 15 Maio 2017.

BARBOSA, F. D. A. D. R. **Medidas de Proteção e Controle de Inundações Urbanas na Bacia do rio Mamanguape/PB. CPMR, 2006**. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss\\_franciscobarbosa.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_franciscobarbosa.pdf)>. Acesso em: 25 dez 2016.

BENINI, S. M. **ÁREAS VERDES PÚBLICAS: A construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano. UNESP, 2009**. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92855/benini\\_sm\\_me\\_prud.pdf?sequenc e=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92855/benini_sm_me_prud.pdf?sequenc e=1)>. Acesso em: 30 novembro 2016.

BERTONI, J.C; TUCCI, C.E.M. 1993. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

DAMÉ, R. de C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS**. Revista Engenharia Agrícola, v.28, n.2, p.245-255, 2008.

FCTH. **Diretrizes Básicas para Projeto de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999**. Disponível em: <[http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r\\_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf](http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2017.

GUIMARÃES, S, A, C, A. **Proposta de Uso Racional da Água em Escola Pública da Cidade de Irecê-Ba**. 2017. 57 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017

IBGE. **Censo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:** <<http://censo2010.ibge.gov.br/nomes/#!/search>>. Acesso em: 12 julho 2017.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em:** <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=251620>>. Acesso em: 30 novembro 2016.

KESSLER, J.; RAAD, S. J. **Análise de dados pluviométricos**. In: International Institute for Land Reclamation and Improvement: Principios y aplicaciones del drenaje. Wageningen: ILR

NETO, C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. ANA -Agência Nacional das Águas, 2008. Disponível em:

<[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em: 03 junho 2017.

SANTORO, J.; AMARAL; TOMINAGA. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. Instituto Geológico, 2009.** Disponível em:

<<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 10 janeiro 2017.

SILVEIRA, A. L. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão. Documentos, 2002.** Disponível em: <<https://documents.tips/documents/apostila-de-drenagem-urbana-do-prof-silveira.html>>. Acesso em: 02 junho 2017.

SMDU. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012.**

Disponível em:

<[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v1.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2017.

STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; FOUFOULAGEORGIOU, E. **Frequency analysis of extreme events.** In: MAIDMENT, D. R. Handbook of hidrology. New York: MacGraw Hill.

TOMINAGA, N. D. S. **Urbanização e Cheias: Medidas de Controle na Fonte. Biblioteca Digital, 2013.** Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-19092014-120127/pt-br.php>>. Acesso em: 15 maio 2017.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana: Coleção ABRH de Recursos Hídricos.** Porto Alegre: Universidade\UFRGS. ABRH, v. 5, 1995.

TUCCI, C. E. M. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.** Disponível em:

<[https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/56/db01fdcd78c5843f024709a1bf2b7bdb\\_6f0118d184384e38afda2b400a5d6458.pdf](https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/56/db01fdcd78c5843f024709a1bf2b7bdb_6f0118d184384e38afda2b400a5d6458.pdf)>. Acesso em: 24 novembro 2016.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Capacidades, 2005.** Disponível em:<<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em: 25 janeiro 2017.

TUCCI, E. M. **Inundações Urbanas na América do Sul. Comissão Econômica para a América Latinal e o Caribe, 2003.** Disponível em:

<<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 23 dezembro 2016.

Villela, S. M. & Mattos, A. 1975, **Hidrologia Aplicada.** Editora Mc Graw Hill, São Paulo.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo.