



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**Adriely Pinho Cerezoli**

**ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE DRENAGEM  
PLUVIAL NA AVENIDA TEOTONIO SEGURADO - QUADRA 602 SUL**

**Palmas - TO  
2017**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**Adriely Pinho Cerezoli**

## **ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL NA AVENIDA TEOTONIO SEGURADO - QUADRA 602 SUL**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I (TCC) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

**Palmas - TO  
2017**

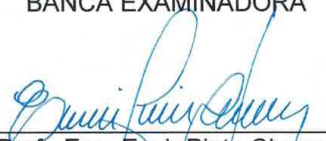
**Adriely Pinho Cerezoli**

**ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE DRENAGEM  
PLUVIAL NA AVENIDA TEOTONIO SEGURADO - QUADRA 602 SUL**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

Aprovada em 22 de Novembro de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas  
Centro Universitário Luterano de Palmas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Carlos Spartacus  
Centro Universitário Luterano de Palmas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Miguel de Negri  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas - TO  
2017**

*“Dedico esta vitória à minha família, em especial ao meu pai.”*

## **AGRADECIMENTOS**

Meus mais sinceros agradecimentos:

A Deus pela minha vida e por mais uma etapa conquistada;

Ao meu querido pai que me deu suporte para ser uma pessoa que não se acomoda jamais;

A minha mãe que mesmo longe sempre torce por mim;

Ao apoio das minhas irmãs;

Aos meus queridos amigos que sempre me incentivaram e me ajudaram de alguma forma;

Ao meu amigo e orientador Euzir Pinto, pela sua honestidade e dedicação que conduziu todo este trabalho;

Ao professor Carlos Spartacus que me deu suporte para ter uma idéia melhor da área que estou estudando;

A todos que me ajudaram de forma positiva ou negativa para o meu desenvolvimento e realização deste trabalho.

## RESUMO

Com o passar dos anos cada vez mais a população aumenta e conseqüentemente a urbanização fica cada vez maior, cidades evoluem sem um aviso prévio de planejamento urbano, intensificando os impactos causados pela ocupação antrópica em ambientes naturais, exemplo destes, mudanças no ciclo hidrológico perceptíveis no aumento e severidade de inundações. Este trabalho tem como objetivo o estudo para uma avaliação de projeto de drenagem para área que no tempo de chuvas ocasiona inundações dificultando a mobilidade.

Vão ser apresentados conteúdos de grande relevância para que possa entender a tal situação como: ciclo hidrológico, escoamento superficial, dispositivos de drenagem, conhecimentos das chuvas, tratamentos de dados, normas do DNIT e topografia do local.

Buscar melhorias para a situação existente através de cálculos, estudos, leis, normas e topografia, assim sugerindo um método com viabilidade técnica e econômica no controle das enchentes.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Captação de Água. Mobilidade

## ABSTRACT

Over the years more and more the population increases and consequently urbanization is increasing, cities evolve without a prior notice of urban planning, intensifying the impacts caused by anthropic occupation in natural environments, such as changes in the hydrological cycle perceptible in the increase and severity of floods. The objective of this work is the study of a drainage project evaluation for an area that in the rainy season causes flooding, making mobility difficult.

Relevant contents will be presented so that you can understand this situation as: hydrological cycle, surface runoff, drainage devices, rainfall knowledge, data treatments, DNIT norms and topography of the place.

To seek improvements to the existing situation through calculations, studies, laws, norms and topography, thus suggesting a method with technical and economical viability in flood control

Key words: Urban Drainage. Water catchment. Mobility

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Justificativa .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Problema .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 CICLO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1 Intensidade Pluviométrica .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2 Período de Retorno .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.3 Determinação do Tempo de Concentração.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.5 Método Racional .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1 Fatores que influenciam o escoamento superficial .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Hidrograma .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3 Coeficiente de Escoamento Superficial (C).....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4 Tempo de Concentração (TC).....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.5 Tempo de Recorrência.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.6 Nível de água (H).....</b>	<b>26</b>
<b>2.3 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.1 Drenagem rodoviária.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL .....</b>	<b>31</b>
<b>importantes são: amplitude, desvio padrão e variância. ....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.1 Moda .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2 Mediana.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.3 Desvio Padrão.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5 REGIME DE CHUVAS .....</b>	<b>33</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Localização.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.2 Fontes de Dados Hidrológicos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3 Levantamento Topográfico da Região de Palmas .....</b>	<b>40</b>



<b>3.1.4 Possíveis Soluções Técnicas para o Problema Atual .....</b>	<b>42</b>
<b>4.0 RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE TABELA

Tabela 1- Atividade Humana e seus impactos sobre a disponibilidade hídrica .....	13
Tabela 2- Período de Retorno .....	15
Tabela 3 - - Tempo de concentração para áreas urbanizadas .....	21
Tabela 4 - Coeficiente Ck - equação de Kerby .....	23
Tabela 5 - Tempo de Recorrência .....	25
Tabela 6- Fórmulas de Estatísticas .....	31
Tabela 7 - Limites mínimos de precipitação de chuvas intensas.....	33
Tabela 8 - Limites mínimos para considerar uma chuva intensa.....	33
Tabela 9 -Dados dos Postos próximo a região a quadra 602 SUL.....	43
Tabela 10- Alturas Pluviométricas - Paraíso .....	44
Tabela 11- Alturas Pluviométricas- Palmas.....	45
Tabela 12- Alturas Pluviométricas - Taquarussu.....	45
Tabela 13- Precipitações Pluviométricas - Paraíso .....	47
Tabela 14 - Precipitações Pluviométricas - Palmas .....	48
Tabela 15- Precipitações Pluviométricas - Taquarussu .....	49
Tabela 16- Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Paraíso .....	52
Tabela 17 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios- Palmas.....	52
Tabela 18 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Taquarussu.....	53
Tabela 19- Parâmetros da Isozona E - Palmas. Paraíso e Taquarussu.....	54
Tabela 20 - Precipitações de Projeto - Paraíso .....	54
Tabela 21 - Precipitações de Projeto- Palmas .....	55
Tabela 22- Precipitações de Projeto- Taquarussu .....	55
Tabela 23 - Distribuição GUMBEL - Palmas/Paraíso e Taquarussu .....	57

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Período de Retorno .....	15
QUADRO 2 - - Tempo de concentração para áreas urbanizadas .....	21
QUADRO 3 - Coeficiente Ck - equação de Kerby .....	23
QUADRO 4 - Tempo de Recorrência .....	25
QUADRO 5- Fórmulas de Estatísticas .....	31
QUADRO 6 - Limites mínimos de precipitação de chuvas intensas.....	33
QUADRO 7 - Limites mínimos para considerar uma chuva intensa.....	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
QUADRO 8 -Dados dos Postos próximo a região a quadra 602 SUL.....	43
QUADRO 9- Alturas Pluviométricas - Paraíso.....	44
QUADRO 10- Alturas Pluviométricas- Palmas .....	45
QUADRO 11- Alturas Pluviométricas - Taquarussu .....	45
QUADRO 12- Precipitações Pluviométricas - Paraíso .....	47
QUADRO 13 - Precipitações Pluviométricas - Palmas.....	48
QUADRO 14- Precipitações Pluviométricas - Taquarussu.....	49
QUADRO 15- Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Paraíso .....	52
QUADRO 16 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios- Palmas.....	52
QUADRO 17 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Taquarussu.....	53
QUADRO 18- Parâmetros da Isozona E - Palmas. Paraíso e Taquarussu .....	54
QUADRO 19 - Precipitações de Projeto - Paraíso .....	54
QUADRO 20 - Precipitações de Projeto- Palmas.....	55
QUADRO 21- Precipitações de Projeto- Taquarussu.....	55
QUADRO 22 - Distribuição GUMBEL - Palmas/Paraíso e Taquarussu .....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico .....	12
Figura 2 - Curva de intensidade-duração- freqüência .....	14
Figura 3- Modelo de sistema Hidrológico .....	16
Figura 4 - Método Racional .....	17
Figura 5 - Hidrograma .....	19
Figura 6- Boca de lobo com grelha .....	27
Figura 7 - Boca de lobo combinada.....	27
Figura 8- Poços de Visitas .....	28
Figura 9 - Principais dispositivos de drenagem .....	29
Figura 10- Sarjeta de corte.....	29
Figura 11 – Meio Fio com Sarjeta Figura .....	30
Figura 13 – Página inicial da Hidro Web – ANA.....	38
Figura 14 - chuvas intensas - Na Avenida Teotônio Segurado -602 SUL .....	59
Figura 15 - Sem mobilidade ao pedestre .....	60
Figura 16 - Croqui - 1º Sugestão de Melhoria .....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Histórica de chuvas - Máxima Mensal - Paraíso .....	50
Gráfico 2 - Histórica de chuvas - Máxima Mensal - Palmas .....	51
Gráfico 3- Histórica de chuvas - Máxima Mensal- Taquarussu. ....	51
Gráfico 4 - IDF - Paraíso .....	58
Gráfico 5 - IDF - Palmas.....	58
Gráfico 6 - IDF - Taquarussu.....	59

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Tempo de Concentração .....	15
Equação 2 - Método Racional .....	16
Equação 3 - Coeficiente de escoamento.....	20
Equação 4 Tempo de Concentração.....	21
Equação 5 - Tempo de entrada.....	22
Equação 6 - Tempo de Concentração - Geoge Ribeiro .....	22
Equação 7 - Tempo de Concentração - Kirpich.....	23
Equação 8- Tempo de Concentração -Kerby .....	23
Equação 9 - Método Cinético/Tempo/minutos .....	24
Equação 10 - Metodo Cinético/velocidade/m/s .....	24
Equação 11 - Desvio Padrão .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

A água de chuva requer espaço para escoamento e requer um espaço natural para que isso ocorra é a várzea do rio, quando este espaço é ocupado desordenadamente, ocorre às inundações. (Azevedo Netto et al. (1998). As inundações representam 50% dos desastres naturais relacionados com água, dos quais 20% ocorrem nas Américas. Tucci (2005).

A drenagem urbana faz parte de um conjunto de soluções para serviços públicos, em uma área urbana, como rede de esgoto, rede de água, pavimentação, iluminação, áreas de lazer, etc. A solução que a drenagem urbana pode oferecer ao escoamento das águas determina se ocasionará prejuízos ou melhorias para a população, pedestres, usuários de transportes coletivos, ciclistas, motociclistas, etc.

Investir em um projeto com qualidade e com prazos de visam anos de para executar uma drenagem que tenha um escoamento eficiente das águas pluviais para o projeto com sucesso.

Em função da urbanização, o solo natural passa por grandes transformações, dando as características impermeabilizantes, aumentando o escoamento superficial.

A micro drenagem também conhecido por coletor de águas pluviais é composto por bocas de lobo, meio fio, sarjetas, galerias de águas pluviais, outros. E onde será feito o estudo de dimensionamento para escoamento de vazões de até 10 anos de período de retorno, evitando as inundações.

Com isso o seguinte trabalho é fazer uma análise hidrológica para a elaboração de projeto de melhoria no sistema de drenagem na Avenida Teotônio segurado próximo à estação de ônibus da quadra 601 sul, visto que, quando período chuvoso o trecho estudado fica totalmente inundado, trazendo grandes transtornos aos trafegam pelo local.

## **1.1. Objetivos**

### 1.1.1. Objetivo Geral

Elaborar um estudo hidrológico na região de Palmas/TO, analisando e solucionar os problemas com alagamentos, na Avenida Teotônio Segurado, entre as avenidas LO 15 e LO 13, para um projeto de drenagem pluvial.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Pesquisar as fontes de dados hidrológicos da região de Palmas;
- ✓ Elaborar o estudo hidrológico da região de Palmas;
- ✓ Realizar o levantamento topográfico da área estudada;
- ✓ Pesquisar o tipo dispositivo de drenagem existente no local;
- ✓ Indicar soluções técnicas para o problema atual;



## 1.2. Justificativa

A água que chega a atmosfera sob a forma de vapor condensa-se e aumentando de peso cai em forma de chuva, ou de granizo quando atravessa camadas com temperatura baixa, ou neve, quando a condensação ocorre em temperaturas muito baixas. A condensação pode ocorrer ao nível do solo, constituindo o orvalho ou a geada, dependendo da temperatura do ar circundante. No Brasil, dadas às suas condições climáticas, as precipitações mais importantes são as chuvas. (AZEVEDO NETTO, J. M. e outros - 8ª edição).

No Brasil e no mundo, catástrofes vêm acontecendo por diversos motivos e são a causa de inúmeros desastres e mortes. Nas grandes cidades a ausência de planejamento urbano tem sido responsável por graves problemas de saúde pública que reduzem a força de trabalho e causam perda de muitas vidas.

Com o crescimento acelerado da massa, a implantação das obras de infraestrutura urbana, mormente a pavimentação asfáltica, aumenta de forma significativa o coeficiente de escoamento superficial, alcançando uma taxa de aproximadamente de 90%, conforme mencionado no Manual de Pavimentação do DNER -1996.

Esta alteração quando não acompanhada da drenagem subterrânea, gera uma má gestão da drenagem urbana e afeta diretamente a saúde e segurança dos que a utilizam na mobilidade urbana, saneamento ambiental e aspectos econômicos.

Nos período chuvoso que, estendem-se nos meses de novembro a março, ocorre as frequentes inundações neste período, afetando diretamente a saúde e a segurança da população, sobretudo, comprometendo a acessibilidade e mobilidade.

Conforme Tucci (1995), esse processo afeta os recursos hídricos da infraestrutura local, trazendo danos à qualidade da água superficial e subterrânea, além de interferência nos balanços hídricos.

Este trabalho traz uma sugestão para a solução definitiva sobre as questões da drenagem urbana na Avenida Teotônio Segurando, na quadra 601 Sul, buscando melhoria nas condições de acessibilidade e mobilidade.

### **1.3 Problema**

Porque o sistema de drenagem pluvial da Avenida Teotônio Segurado, nas mediações da quadra 601 Sul, não funciona de maneira adequada, permitindo o escoamento e a drenagem pelos dutos subterrâneos e com isto causando grandes transtornos à população, mormente no que tange a mobilidade e acessibilidade?

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O conceito de ciclo hidrológico que ocorre na Hidrosfera corresponde ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos entre os oceanos, os calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. São vários os processos referente a água de chuva na natureza, inicializando o seu percurso no estágio inicial e finalizando no estágio primitivo. (CARVALHO E SILVA, 2006.).

O acontecimento global da circulação no ciclo hidrológico, vem sendo causada por fechamento da água entre os meios terrestres e atmosfera, ocasionado pela energia e a gravidade e a rotação da terra.

Figura 1 – Ciclo Hidrológico



FONTE: <http://obshistoricogeo.blogspot.com.br/2016/02/ciclo-hidrologico-ou-da-agua-omovimento.html>

Conforme CARVALHO E SILVA, 2006. Fica mais clara a análise que a hidrosfera existente na atmosfera, se ocasiona da evaporação nos meios livres, que são: (oceano, rios, lagos, etc.) e conseqüentemente no solo também. O vapor que foi ocasionado da evaporação é transportado pelas massas de ar em movimento, com as condições climáticas (pressão de vapor e temperatura), o vapor se condensa, formando nuvens que geram as seguintes precipitações, de chuvas:

- Sendo retida no solo em proximidades locais no estado de evaporação ou transpiração das plantas;
- Escoa superficialmente ate os leitos dos rios;

- Infiltra na camada porosa (solos e rochas), formando armazenamento subterrâneo.

Esta infiltração é a responsável pelos os lençóis de água subterrânea. Dependendo da velocidade e quantidade que ela percorre desconforme as fases do ciclo hidrológico, gera influências na altitude, topografia, tipos de solo, geologia, gravidade, temperatura e com as modificações do homem no meio em que vive.

Tabela 1- Atividade Humana e seus impactos sobre a disponibilidade hídrica

<b>Atividade humana</b>	<b>Impacto nos ecossistemas aquáticos</b>	<b>Valores/serviços em risco</b>
Construção de represas	Alteração do fluxo dos rios, transporte de nutrientes e sedimentos, interferência na migração e reprodução de peixes	Habitats, pesca comercial e esportiva, deltas e suas economias
Construção de diques e canais	Destruição da conexão do rio com as áreas inundáveis	Fertilidade natural das várzeas e controles das enchentes
Alteração do canal natural dos rios	Danos ecológicos dos rios. Modificação dos fluxos dos rios	Habitats, pesca comercial e esportiva. Produção de hidroeletricidade e transporte.
Drenagem de áreas alagadas	Eliminação de um componente fundamental dos ecossistemas aquáticos	Biodiversidade. Funções naturais de filtragem e reciclagem de nutrientes. Habitats para peixes e aves aquáticas.
Desmatamento/uso do solo	Mudança de padrões de drenagem, inibição da recarga natural dos aquíferos, aumento da sedimentação	Qualidade e quantidade da água, pesca comercial, biodiversidade e controle de enchentes.
Poluição não controlada	Prejuízo da qualidade da água	Suprimento de água. Custos de tratamento. Pesca comercial. Biodiversidade. Saúde humana.
Remoção excessiva de biomassa	Diminuição dos recursos vivos e da biodiversidade	Pesca comercial e esportiva. Ciclos naturais dos organismos.
Introdução de espécies exóticas	Supressão das espécies nativas. Alteração dos ciclos de nutrientes e ciclos biológicos	Habitats, pesca comercial. Biodiversidade natural e estoques genéticos.
Poluentes do ar (chuva ácida)	Perturbação da composição química de rios e lagos	Pesca comercial. Biota aquática. Recreação. Saúde humana. Agricultura
Mudanças globais no clima	Alteração drástica do volume dos recursos hídricos, dos padrões de distribuição da precipitação e evaporação, riscos de enchente	Suprimento de água, transporte, produção de energia elétrica, produção agrícola, pesca.
Crescimento da população e padrões gerais do consumo humano	Aumento na pressão para construção de hidroelétricas, da poluição da água, da acidificação de lagos e rios. Modificação do ciclo hidrológico.	Praticamente todas as atividades econômicas que dependem dos serviços dos ecossistemas aquáticos.

(Fonte: adaptado de Tundisi, 2000)

### 2.1.1 Intensidade Pluviométrica

Para determinar o ímpeto das chuvas de curta duração deve analisar as decorrências, assim aplicando os seguintes procedimentos:

Transformar a chuva de 1 dia para diferentes tempos de recorrência (T), para uma chuva de 24 horas, segue a fórmula:  $P(24h:T) / P(1 \text{ dia}:T)$ ;

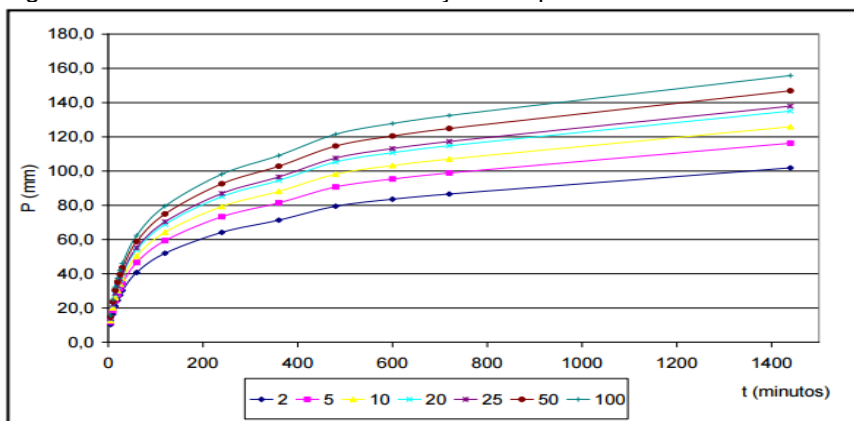
Tabela 1 - Duração/Relação das chuvas

Duração	Relação
24 h / 1 dia	1,130
12 h / 24 h	0,850
10 h / 24 h	0,820
8 h / 24 h	0,780
6 h / 24 h	0,700
4 h / 24 h	0,630
2 h / 24 h	0,510
1 h / 24 h	0,400
30 min / 1 h	0,740
25 min / 30 min	0,910
20 min / 30 min	0,810

Fonte: [http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB\\_Palmas\\_Volume\\_03\\_Drenagem\\_Urbana\\_Versao\\_Final\\_1.pdf](http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_03_Drenagem_Urbana_Versao_Final_1.pdf)

Com o valor de uma chuva de 24 horas, para um dado T, consegue analisar e determinar as chuvas com uma menor duração, com a relação de diferentes durações, tirando a média de cada uma, definidos por um estudo de chuvas intensas menores que um dia, efetuados pelo PMSB.

Figura 2 - Curva de intensidade-duração- freqüência



Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662009000200010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000200010)

### 2.1.2 Período de Retorno

Quando ocorre uma chuva com duração intensa e uma duração estabelecida. Verifica parâmetros iguais ou aproximados denominando o período de retorno. Seguindo o Manual de Hidrologia Básica do DNIt (2005), segue o quadro:

**Tabela 2-** Período de Retorno

OBRAS	TR ADOTADO	FUNCIONAMENTO
Drenagem profunda e subsuperficial	10 anos	
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e Celulares	15 anos	Canal
Verificação de Bueiros tubulares e Celulares	25 anos	Orifício
Ponte, pontilhão	50 a 100 anos	Canal

Fonte: [http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB\\_Palmas\\_Volume\\_03\\_Drenagem\\_Urbana\\_Versao\\_Final\\_1.pdf](http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_03_Drenagem_Urbana_Versao_Final_1.pdf)

### 2.1.3 Determinação do Tempo de Concentração

Quando inicia uma chuva é necessário um tempo de concentração para que todos os pontos da bacia de drenagem passem a contribuir para uma dada seção é denominado Tempo de Concentração, este é calculado pela fórmula de R.Peltier / J.L. Bonnenfant, método indicado para pequenas bacias (menores que 4km<sup>2</sup>) através da expressão:

$$TC = T1 + T2$$

1

Onde:

- T1: tempo de escoamento em minutos tabelados em função da cobertura;
- T2: é a relação entre a forma, a declividade e a área da bacia.

### 2.1.5 Método Racional

De acordo com o Manual de pavimentação do DNIT (2006) a definição o método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichlingem 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio).

O nome método Racional é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos não eram racionais. É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A chamada fórmula racional é a seguinte:

$$Q = C \times I \times \frac{A}{360}$$

Sendo:

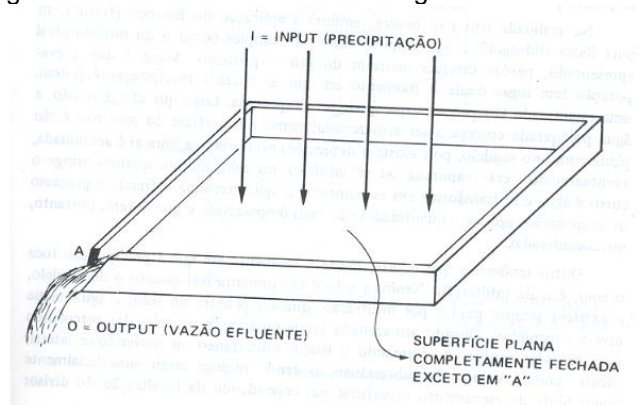
Q= vazão de pico;

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

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área da bacia (ha).1ha= 10.000m

Figura 3- Modelo de sistema Hidrológico

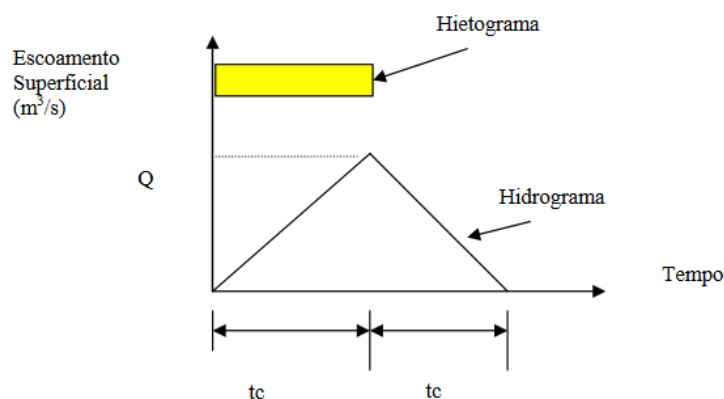


Fonte: Villela e Mattos, Hidrologia Aplicada

Na Inglaterra o método racional é usado com o nome de método de Lloyd-Davies. Na Figura abaixo demonstra como funciona o método racional. O tempo de duração da chuva é igual ao tempo de concentração. Na saída (output) a vazão efluente irá variar segundo um hidrograma triangular justificado por (Willian, 1950), (Pagan, 1972) e (Mitchi,1974).

Conforme esquema de hidrograma triangular da Figura,  $t_c$  é o tempo para o escoamento máximo e  $2 \cdot t_c$  o tempo total de escoamento superficial.

Figura 4 - Método Racional



Fonte: Villela e Mattos, Hidrologia Aplicada

Conforme Porto,1993 será usado o método racional, apenas em pequenas bacias, quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora.

O tempo de concentração com intensidade de chuva e a freqüência da ocorrência podem ser obtidas das curvas de IDF que é aparece em varias publicações. A aplicação do método racional usa-se cálculos simples e fáceis, porém e de suma importância saber analisar e a veracidade do método racional, portanto o método racional será aplicado com as seguintes considerações:

- O tempo de concentração deverá ser calculado de preferência pelo método cinemático;
- O período de retorno deve ser maior quanto mais importante for à obra.
- Deverá ser feita análise de sensibilidade dos parâmetros adotados;
- De modo geral o método racional conduz a resultados de picos de vazão maiores que outros métodos;
- Quando se precisar da hidrografia, isto é, da vazão de escoamento superficial variando com o tempo, usar outro método, como o Método Santa Bárbara, Método do SCN ou Método de Denver
- Qualquer bacia faz parte do escoamento superficial com isso o tempo de concentração deve ser igual ou exceder o tempo de duração da tormenta;
- O tempo que ocorre a chuva na área da bacia sendo toda distribuída uniformemente;
- O coeficiente de escoamento está incluso todas as perdas.



## 2.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Conforme o autor (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 103) o escoamento superficial ou descarga é a quantidade de água que passa em uma determinada seção de rio, normalmente expressa em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) ou litros por segundo (l/s). Os fatores de sucesso para um projeto de drenagem e uma criteriosa análise de escoamento superficial que inclui a determinação da vazão de pico, o volume, e a forma do hidrograma, para um dado, o período de retorno. Erros cometidos nesta fase poderão introduzir incoerências graves no desenvolvimento do projeto, acarretando obras sub ou superdimensionadas. É importante reconhecer também que os valores obtidos neste cálculo serão sempre aproximados, devido às incertezas hidrológicas, às simplificações dos métodos disponíveis e aos critérios adotados.

Tal fato não justifica, entretanto, atitudes pouco cuidadosas nesta etapa pois, quanto mais meticolosos e sistemáticos forem os procedimentos utilizados, menor será a probabilidade de ocorrência de erros comprometedores

### 2.2.1 Fatores que influenciam o escoamento superficial

O escoamento superficial influencia diversos fatores que podem ser relacionados ao clima, precipitação ou natureza fisiográfica que interliga características de uma bacia.

#### **Climático:**

- Quanto maior a intensidade e duração, será mais rápido e a infiltração assim surgindo o escoamento superficial.
- Quando o solo ainda está úmido decorrente de uma chuva anterior e ocorre outra chuva, ocorrerá em um escoamento superficial.

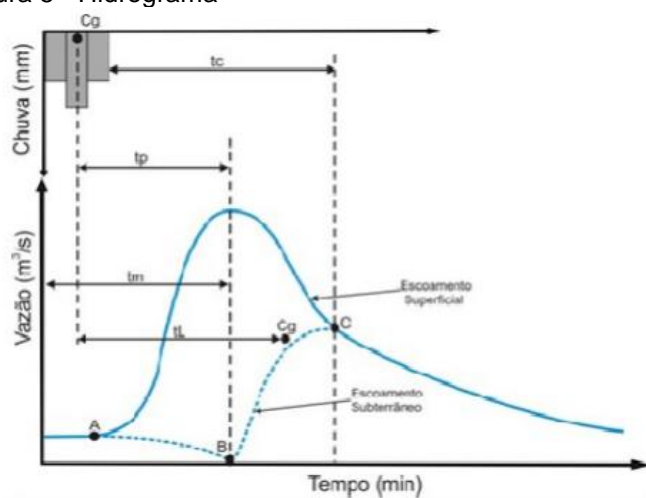
#### **Fisiográficos:**

- Área (Maior ou menor quantidade de água que ela pode captar)
- Forma
- Permeabilidade (Quanto mais permeável for o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver)
- Capacidade de infiltração
- Topografia da bacia.

## 2.2.2 Hidrograma

É a representação gráfica da vazão de uma seção de curso de água ao um período longo. A distribuição da vazão ao longo do tempo é o resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico, entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica. O comportamento de um hidrograma típico de uma bacia é apresentado na figura abaixo.

Figura 5 - Hidrograma



Fonte: FINOTTI. et. al. 2009

Para caracterizar o hidrograma de uma bacia são utilizados os seguintes componentes (TUCCI, 2004, p. 394):

- Tempo de retardo ( $t_l$ ): é definido como o intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação e o centro de gravidade do hidrograma;
- Tempo de pico ( $t_p$ ): é definido como intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação e o pico de vazão máxima;
- Tempo de concentração ( $t_c$ ): é o tempo necessário para a água precipitada ir do ponto mais distante da bacia até a seção avaliada. Esse é o tempo definido também como o tempo entre o fim da precipitação e ponto de inflexão do hidrograma;
- Tempo de recessão ( $t_e$ ): é o tempo necessário para a vazão baixar até o Ponto C quando acaba o escoamento superficial.

### 2.2.3 Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

Segundo AZEVEDO NETTO (1998) o coeficiente de escoamento Runoff é a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Este coeficiente pode ser relativo a uma chuva isolada ou relativo a um intervalo de tempo onde várias chuvas ocorreram.

3

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

O quadro abaixo representa os valores do coeficiente de escoamento (C), em função do tipo de solo, declividade e cobertura vegetal.

Tabela 3- coeficiente de Escoamento

Declividade (%)	Solo Arenoso	Solo Franco	Solo Argiloso
Florestas			
0 - 5	0,10	0,30	0,40
5 - 10	0,25	0,35	0,50
10 - 30	0,30	0,50	0,60
Pastagens			
0 - 5	0,10	0,30	0,40
5 - 10	0,15	0,35	0,55
10 - 30	0,20	0,40	0,60
Terras cultivadas			
0 - 5	0,30	0,50	0,60
5 - 10	0,40	0,60	0,70
10 - 30	0,50	0,70	0,80

FONTES: [HTTP://WWW.SCIELO.BR/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI\\_ARTTEXT&PID=S1415-43662006000400017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000400017)

### 2.2.4 Tempo de Concentração (TC)

Segundo AZEVEDO NETTO (1998) o tempo de concentração é, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros cruciais do método racional, cuja determinação está também sujeito a incertezas e imprecisões.

Diversas fórmulas têm sido propostas para determinar este parâmetro em função de características físicas da bacia, da sua ocupação e, eventualmente, da intensidade da chuva. É importante lembrar que a maioria destas expressões são empíricas e portanto só valem para condições semelhantes às de sua

determinação. A adoção de qualquer destas fórmulas deve ser precedida de análise cuidadosa para evitar, por exemplo, o equívoco de utilizar em áreas urbanas fórmulas originalmente desenvolvidas para áreas rurais. A forma mais correta de calcular o tempo de concentração é pelo método cinemático, ou seja, dividir a bacia em N trechos homogêneos e calcular a velocidade do escoamento em cada um deles. O tempo de concentração, em minutos, será dado por:

Em áreas urbanas, o tempo de concentração pode ser dividido em duas parcelas: um tempo inicial  $t_i$ , tempo para chuva atingir a primeira boca de lobo ou sarjeta, e um tempo  $t_t$  de translação na rede de drenagem (sarjetas, bueiros, galerias, canais, etc.)

**Tabela 3** - - Tempo de concentração para áreas urbanizadas

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

Fonte: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>

E utilizado para outros casos que o TC pode ser calculado pelas as fórmulas de Kirpich, Kerby e George, levando em consideração o percurso sobre o terreno natural. Para canais, recomenda-se a adoção do Método Cinemático e não deverá ser inferior a 5 minutos.

O tempo de concentração ( $t_c$ ) será determinado a partir da soma de tempos distintos:

4

$$T_c = t_p + t_e$$

onde:

$t_p$  = Tempo de Percurso – Método Cinemático;

$t_e$  = Tempo de entrada – O tempo que leva as chuvas caírem no solo e nos pontos mais distantes e ver o tempo que chegam na seção primeiro;

O tempo de entrada ( $t_e$ ):

5

$$T_e = t_1 + t_2$$

onde:

$t_1$  = tempo de escoamento superficial no talvegue – tempo de escoamento das águas pelo talvegue até alcançar o primeiro ralo ou seção considerada, calculado pela equação de George Ribeiro ou pela equação de Kirpich;

$t_2$  = tempo de percurso sobre o terreno natural – tempo de escoamento das águas sobre o terreno natural, fora dos sulcos, até alcançar o ponto considerado do talvegue, calculado pela equação de Kerby;

- Tempo de concentração - George Ribeiro

A equação proposta por George Ribeiro tem a seguinte forma:

6

$$t_1 = 16 \frac{L_1}{(1,05 - 0,2 p)(100 S_1)^{0,04}}$$

onde:

$t_1$  = Tempo de escoamento superficial em minutos;

$L_1$  = Comprimento do talvegue principal, em km;

$p$  = Porcentagem, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação;

$S_1$  = Declividade média.

- Tempo de concentração - Kirpich

E para uso E uma das equações mais utilizadas, desenvolvida a partir de estudos em bacias rurais com áreas inferiores a 0,5 km<sup>2</sup>. Para comprimentos superiores a 10 km, a fórmula parece subestimar o valor de  $t_c$  (TUCCI, 1995). É definido pela seguinte equação:

$$t_1 = 0,39 \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

onde:

$t_1$  = Tempo de escoamento superficial, em h;

$L$  = Comprimento do talvegue, em km;

$S$  = Declividade média do talvegue da bacia, em km.

➤ Tempo de concentração - Kerby

A equação de Kerby é adotada para calcular a parcela  $t_2$ , relativa ao percurso no terreno natural até alcançar o talvegue:

$$t_2 = 1,44 \left[ L_2 \times C_k \times \left( \frac{1}{S_2} \right)^{0,5} \right]$$

onde:

$t_2$  = tempo de percurso sobre o terreno natural, em min;

$L_2$  = Comprimento do percurso considerado, em km;

$C_k$  = Coeficiente determinado pela tabela 3;

$S_2$  = Declividade média do terreno;

**Tabela 4** - Coeficiente  $C_k$  - equação de Kerby

Tipo de superfície	Coeficiente $C_k$
Lisa e impermeável	0,02
Terreno endurecido e desnudo	0,10
Pasto ralo, terreno cultivado em fileiras e superfície desnuda, moderadamente áspera	0,20
Pasto ou vegetação arbustiva	0,40
Mata de árvores decíduas	0,60
Mata de árvores decíduas tendo o solo recoberto por espessa camada de detritos vegetais	0,80

Fonte: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>

➤ Método Cinemático

9

$$t_p = 16,67 \times \sqrt{L_i/V_i}$$

onde:

$t_p$  = Tempo de percurso, em min;

$L_i$  = Comprimento do talvegue (trechos homogêneos), em km;

$V_i$  = Velocidade do trecho considerado, em m/s.

Segundo FINOTTI, 2009 a aplicação do método cinemático deve ser realizada com base na velocidade correspondente ao escoamento em regime permanente e uniforme. As velocidades poderão ser estimadas pela fórmula de Manning, adotando-se o valor de 0,50 para o raio hidráulico em canais retangulares, 0,61 para canais trapezoidais e 1/4 do diâmetro para seções circulares, conforme a seguinte equação:

10

$$V = R h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times N$$

onde:

$V$  = velocidade, em m/s;

$R_h$  = raio hidráulico, em m;

$S$  = declividade do trecho, em m/m;

$\eta$  = coeficiente de rugosidade

Tabela 8 - Relação das fórmulas

A relação das formulas com as unidades iguais é a seguinte:

a) KERBY (para a= 0,5)	$V=0,7611 L^{0,6} H^{0,470}$
b) KIRPICH	$V=1,0526 L^{-0,155} H^{0,385}$
c) PICKING	$V=1,1320 L^0 H^{0,333}$
d) U.S. CORPS OF ENGINEERS	$V=2,1500 L^{0,05} H^{0,190}$
e) VEN TE CHOW	$V=1,1396 L^{0,04} H^{0,320}$
f) DNOS (para K = 4) $V = 0,6029 A^{-0,03} L^{0,4} H^{0,4}$	$V=0,7936 L^{-0,158} H^{0,400}$
g) KI RPICH MODIFICADA	$V=0,7020 L^{-0,155} H^{0,385}$
h) GEORGE RIBEIRO (para p= 0,60)	$V=3,1806 L^{-0,04} H^{0,040}$
i) PASINI $V = 0,2955 A^{-0,03} L^{0,1667} H^{0,5}$	$V=0,4011 L^{-0,4533} H^{0,500}$
j) VENTURA $V = 0,2490 A^{-0,5} L^{0,5} H^{0,5}$	$V=0,3937 L^{-0,430} H^{0,500}$
k) ROSSI	$V=0,9247 L^{0,5575} H^{0,1475}$
l) GIANDOTTI = $\frac{0,8L^{0,5} H^{0,3}}{4\sqrt{A} + 1,5L}$	$V=0,1538 L^{-0,500} H^{0,500}$
m) MÉTODO DO LAG	$V=0,8951 L^{0,1667} H^{0,1667}$
n) JOHN COLLINS $V = 0,9709 A^{0,1} L^{-0,2} H^{0,2}$	$V=0,8858 L^{-0,014} H^{0,200}$
o) MÉTODO DO NUMERO DE CURVA (para CN=60)	$V=0,1336 L^{-0,30} H^{0,500}$

Fonte: FINOTTI, 2009

### 2.2.5 Tempo de Recorrência

Segundo FINOTTI, 2009 o tempo de recorrência ou período ou tempo para ser utilizado na determinação da vazão de projeto e, conseqüentemente, no dimensionamento dos dispositivos de drenagem, deverá ser considerado em conformidade à Tabela:

Tabela 5 - Tempo de Recorrência

Tipo de dispositivo de drenagem	Tempo de recorrência Tr (anos)
Micro drenagem - drenagem superficial, galerias de águas pluviais	10
Aproveitamento de rede existente - micro drenagem	5
Canais de macrodrenagem não revestidos	10
Canais de macrodrenagem revestidos, com verificação para Tr = 50 anos sem considerar borda livre	25

Fonte: FINOTTI, 2009



### 2.2.6 Nível de água (H)

Para verificar se o curso d'água basta medir em m<sup>3</sup>, analisando a altura de referencial com o que foi atingido pelo nível d'água.

Quando o curso d'água atinge o nível de referência acontece enchente e inundações. Denominando as enchentes a uma elevação do curso d'água e as inundações a aumento não usual do seu leito, ocorrendo prejuízos e transtornos.

## 2.3 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

No Brasil as ocorrências frequentes nos trechos urbanos ao longo das rodovias com a inexistência de uma drenagem específica, no enfoque urbano, sendo um fato grave, pois o país experimenta um rápido processo de crescimento (DNIT, Manual de Drenagem, 2006). O sistema de drenagem de transposição urbana de águas pluviais é composto dos seguintes dispositivos:

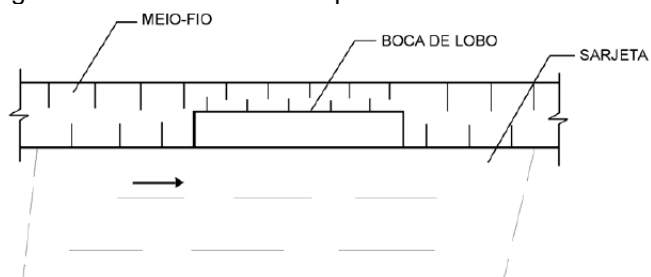
- Sarjetas
- Bocas de Lobo
- Poços de visita
- Galerias
- Estruturas especiais

As sarjetas em trechos urbanos têm como objetivo conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo (DNIT, Manual de Drenagem, 2006).

Segundo (DNIT, Manual de Drenagem, 2006) bocas de lobo são dispositivos especiais que têm a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para em seguida conduzi-las as galerias subterrâneas. Basicamente, podem ser classificados em dois tipos, a saber:

Boca de lobo simples: Com abertura no meio-fio, caso em que a caixa coletora fica situada sob o passeio.

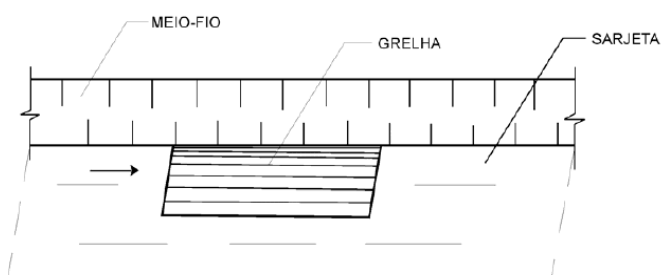
Figura 6 – Boca de Lobo Simples



Fonte: (DNIT, 2006)

Boca de lobo com grelha: Caso em que a caixa coleta fica situada sob a faixa da sarjeta.

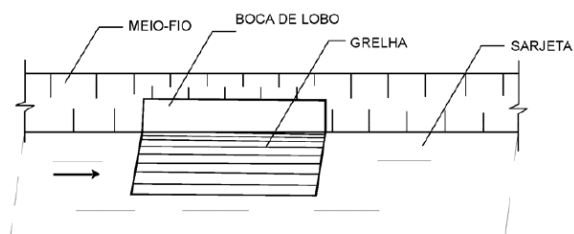
Figura 6- Boca de lobo com grelha



Fonte: (DNIT, 2006)

Boca de lobo combinada: Em casos especiais pode haver uma combinação dos dois tipos.

Figura 7 - Boca de lobo combinada



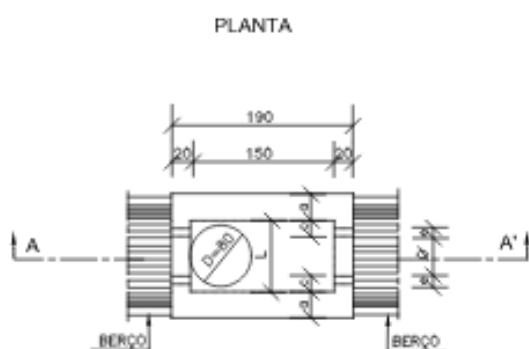
Fonte: (DNIT, 2006)

De acordo (DNIT, Manual de Drenagem, 2006) além desses tipos podem ainda ser classificados quanto às seguintes localização: Boca-de-lobo situada em pontos intermediários das sarjetas; bocas-de-lobo situadas em pontos baixos das sarjetas.

#### Poços de Visita

Os poços de visita são dispositivos especiais que têm a finalidade de permitir mudanças das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção. São dispositivos também previstos quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor, possuem ainda o objetivo de permitir a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência (DNIT, Manual de Drenagem, 2006).

Figura 8- Poços de Visitas



Fonte: (DNIT, 2006)

#### 2.3.1 Drenagem rodoviária

É o conjunto de dispositivos de drenagem que tem como objetivo garantir a integridade do corpo estradal e do seu entorno – Meio Ambiente, bem como a segurança dos usuários da via (DNIT, Manual de Drenagem, 2006).

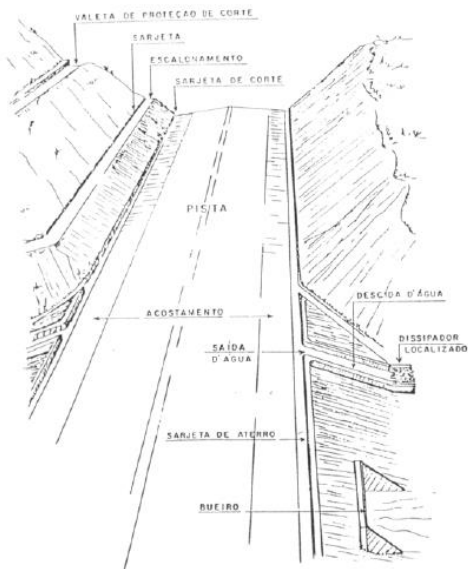
Segundo (DNIT, Manual de Drenagem, 2006) entende-se por sistema de drenagem no pavimento de uma rodovia o conjunto de dispositivos, tanto de natureza superficial como de natureza subsuperficial ou profunda, construídos com a finalidade de desviar a água de sua plataforma. Os dispositivos de drenagem rodoviária são divididos da seguinte forma:

- Drenagem superficial: (sarjeta, valeta, meio-fio, caixas coletoras/caixas de ralo e descidas d'água)

- Drenagem profunda (drenos)
- Obras de arte correntes (bueiros e galerias).

Os principais dispositivos de drenagem do pavimento são mostrados esquematicamente a seguir:

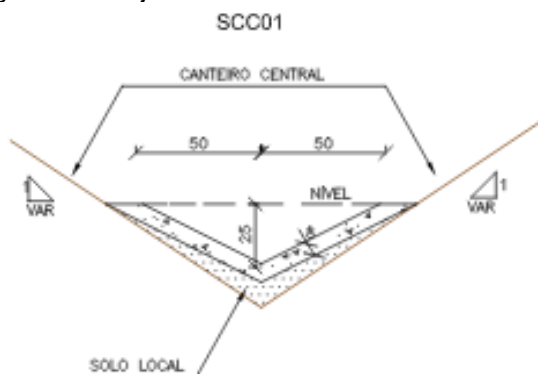
Figura 9 - Principais dispositivos de drenagem



Fonte: (DNIT, 2006)

- Sarjeta de corte: São sarjetas abertas no interior dos cortes junto ao pé dos taludes. Servem para coletar as águas da chuva que correm pelos taludes e pelo leito estradal para caixas coletoras ou para fora do corte;

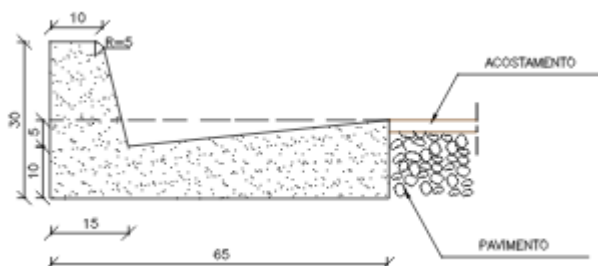
Figura 10- Sarjeta de corte



(DNIT, 2006)

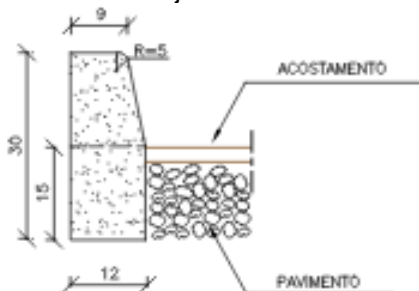
- Meio-Fio e/ou banquetas de aterros: São dispositivos construídos junto ao bordo da plataforma dos aterros, destinados a encaminhar as águas da chuva para as saídas de água, impedindo a erosão da plataforma da rodovia e dos taludes de aterros;

Figura 11 – Meio Fio com Sarjeta



(DNIT, 2006)

12 – Meio Fio sem Sarjeta



(DNIT, 2006)

**Drenos Profundos:** São dispositivos escavados e enterrados no leito estradal, em corte (mais profundos) ou em aterros (mais rasos), que servem para coletar as águas, tanto de infiltração superior quanto de lençóis subterrâneos, conduzindo-as para fora do leito estradal. Os drenos subterrâneos, em alguns projetos, são construídos conjugados com uma camada drenante do próprio pavimento ou de regularização dos cortes em rocha;

**Camada drenante:** É uma camada do pavimento (camada de base ou camada de ligação do tipo Binder) destinada a conduzir as águas que penetram através do revestimento para fora do pavimento até a borda de acostamento ou até o topo dos drenos profundos ou subsuperficiais.

Nota: os demais elementos de drenagem, como valetas de proteção de pé-de-aterro, caixas coletoras, descidas de águas, bueiros de grade e bueiros de fundo de grota, são dispositivos construídos na implantação das rodovias.

## 2.4 MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL

Segundo TOLLEDO (1985) as mais importante medidas de tendência central, são a média aritmética, média aritmética para dados agrupados, média aritmética ponderada, mediana, moda, média geométrica, média harmônica, quartis. Quando se estuda variabilidade, as medidas mais importantes são: amplitude, desvio padrão e variância.

**Tabela 6-** Fórmulas de Estatísticas

Medidas	
Média aritmética	$\frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$
Média aritmética para dados agrupados	$\frac{f_1 x_1 + \dots + f_k x_k}{f_1 + \dots + f_k}$
Média aritmética ponderada	$\frac{P_1 \cdot (X_1) + P_2 \cdot (X_2)}{P_{total}}$
Mediana	1) Se $n$ é ímpar, o valor é central, 2) se $n$ é par, o valor é a média dos dois valores centrais
Moda	Valor que ocorre com mais freqüência.
Média geométrica	$G = \sqrt[n]{X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n}$
Média harmônica	$\frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}}$
Quartil	$Q_3 = [p(\text{sup}) - 0,25]x(\text{inf}) + [0,25 - p(\text{inf})]x\left(\frac{\text{sup}}{p(\text{sup})} - p(\text{inf})\right)$

Fonte: (TOLLEDO, 1985)

### 2.4.1 Moda

Define-se moda como sendo: o valor que surge com mais freqüência se os dados são discretos, ou, o intervalo de classe com maior freqüência se os dados são contínuos. Assim, da representação gráfica dos dados, obtém-se imediatamente o valor que representa a moda ou a classe modal

Esta medida é especialmente útil para reduzir a informação de um conjunto de

dados qualitativos, apresentados sob a forma de nomes ou categorias, para os quais não se pode calcular a média e por vezes a mediana.

#### 2.4.2 Mediana

A mediana, é uma medida de localização do centro da distribuição dos dados, definida do seguinte modo: ordenados os elementos da amostra, a mediana é o valor (pertencente ou não à amostra) que a divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana. Para a sua análise usa-se a seguinte regra, depois de ordenada a amostra de “N” elementos:

- Números ímpares: Soma dois elementos
- Números pares: A mediana é média.

#### 2.4.3 Desvio Padrão

Uma vez que a variância envolve a soma de quadrados, a unidade em que se exprime não é a mesma que a dos dados. Assim, para obter uma medida da variabilidade ou dispersão com as mesmas unidades que os dados, tomamos a raiz quadrada da variância e obtemos o desvio padrão: O desvio padrão é uma medida que só pode assumir valores não negativos por isso se a medida for maior, sucessivamente a dispersão dos também será. Algumas propriedades do desvio padrão, que resultam imediatamente da definição, são: o desvio padrão será maior, quanta mais variabilidade houver entre os dados.

$$\sqrt{\sum \frac{(X_i - \text{média})^2}{n-1}}$$

## 2.5 REGIME DE CHUVAS

### 2.5.1 Definição de chuvas intensas

Ao estudar uma bacia precisa conhecer qual e a duração das chuvas, quanto sua precipitação e importante para as equações determinado a vazão. Ocorrendo chuvas intensas e para qualquer precipitação superior ao limite de qualquer duração de tempo.

Tabela 7 - Limites mínimos de precipitação de chuvas intensas

<b>Duração (min)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
5	5	4	35
15	15	8	40
30	20	14	47
60	25	24	55
120	30	48	70

Fonte: Pfafstetter 1957

Os limites representados pela a tabela 9, são os mínimos possíveis para se considerar em chuvas intensas.

**Tabela 8** - Limites mínimos para considerar uma chuva intensa.

<b>Duração (min)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
30	20
45	23
60	25
90	28
120	30
240	35
360	38
720	44
1080	50
1440	55

Fonte: SOUSA & SILVA,1998

Chuvas intensas são consideradas fenômenos de ocorrência extrema que ocorre



em uma bacia. Ocasionalmente ocasionam inundações, desgaste do solo e possíveis falhas em obras hidráulicas.

### 2.5.2 Relação da intensidade da precipitação com a sua duração

Diversos estudos vêm sendo realizados no sentido de melhor entender o comportamento da precipitação (HAILE *et al.*, 2011; DUNKERLEY, 2008).

Com relação à precipitação propriamente dita, diversos estudos procuram entender essa variável, suas variações no espaço e/ou no tempo, e suas características, como lâmina precipitada, duração, frequência e intensidade. Diante disso, a literatura contém uma riqueza de estudos em que as propriedades dos eventos chuvosos se mostram importantes para os processos hidrológicos, muito embora uma menor exploração científica tenha sido proporcionada na definição e análise das propriedades dos eventos chuvosos, ou mesmo sobre sua variabilidade espaço-temporal (DUNKERLEY, 2008a).

A principal conclusão desse estudo é que há uma diferença significativa entre a intensidade do evento, intensidade dos sub eventos e a intensidade média dos sub eventos. A diferença entre esses três valores é importante para estudo de variáveis hidrológicas, sendo assim, é questionável se a intensidade considerada na geração das curvas IDF é a maior dentre essas.

### 2.5.3 Metodologias para geração de curvas IDF

As curvas IDF são geradas através de dados de probabilidades de eventos extremos com valores máximos e mínimos analisados de séries históricas, no caso no site da ANA.

Quando não há dados históricos, ocorrem estimativas de acordo com os meses que foi medido, ou em proximidades do local da região. Caso não haja dados pluviográficos, mas hajam dados de um pluviômetro instalado próximo ao local com no mínimo 10 anos de observação, pode-se

correlacionar a precipitação diária do pluviômetro com a de um pluviógrafo que seja representativo (DNIT, 2006). Existem diferentes metodologias aplicáveis para se construir curvas IDF a fim de aplicá-las para determinar a intensidade que se deve considerar na elaboração de projetos de estruturas hidráulicas

### **3. METODOLOGIA**

Para a elaboração deste projeto foi escolhido uma área que fica localizado na avenida Teotônio Segurado, na quadra 601 sul.

Após a escolha da área para a elaboração do projeto serão, levantados os dados do local através do mapa na secretaria municipal de Infraestrutura, Serviços Públicos, Trânsito e Transporte.

A partir da análise dos mapas, conhecimento do local e fotos, foi realizado o levantamento topográfico, com o RTK e GPS, coletando os dados no perímetro da quadra 601 Sul, local este que será objeto fundamental para o projeto.

Posteriormente, serão analisados todos os estudos e resultados, sugestões, técnicas, para correção do problema atual.

#### **3.1 Localização**

A área em estudo encontra-se na Avenida Teotônio Segurado quadra 601 SUL no município de Palmas no estado do Tocantins. A localização da área em estudo pode ser visualizada nas imagens a seguir:

Figura 14 - Mapa do Tocantins /Palmas



Fonte: Google Maps

Figura 15- Mapa Quadra 602 Sul

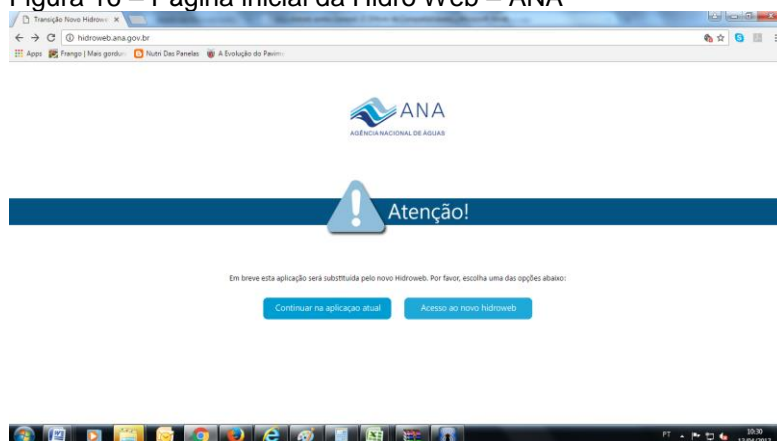


Fonte: google

### 3.1.2 Fontes de Dados Hidrológicos

O estabelecimento do regime pluviométrico teve por base, os dados obtidos a partir do site da ANA (Agência Nacional de Águas) para os postos de Taquarussu, Paraíso e Rio das Balsas localizadas próximas a Palmas no estado do Tocantins, estação com os códigos 00747001, no período de observação relativo aos anos 1990 a 2004.

Figura 16 – Página inicial da Hidro Web – ANA

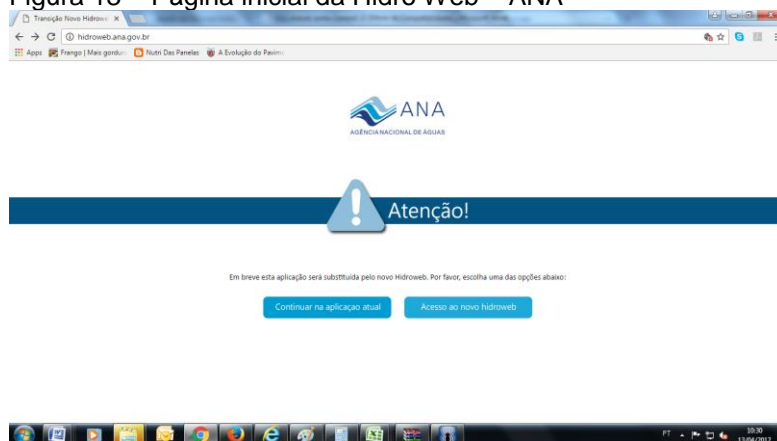


Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

Segue abaixo conforme é feito a pesquisa no site da ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>):

As estações pluviométricas foram escolhidas tendo em vista a proximidade com a quadra em estudo e a confiabilidade da fonte. A fonte tem validade e o devido reconhecimento: A ANA é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros.

Figura 13 – Página inicial da Hidro Web – ANA



Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

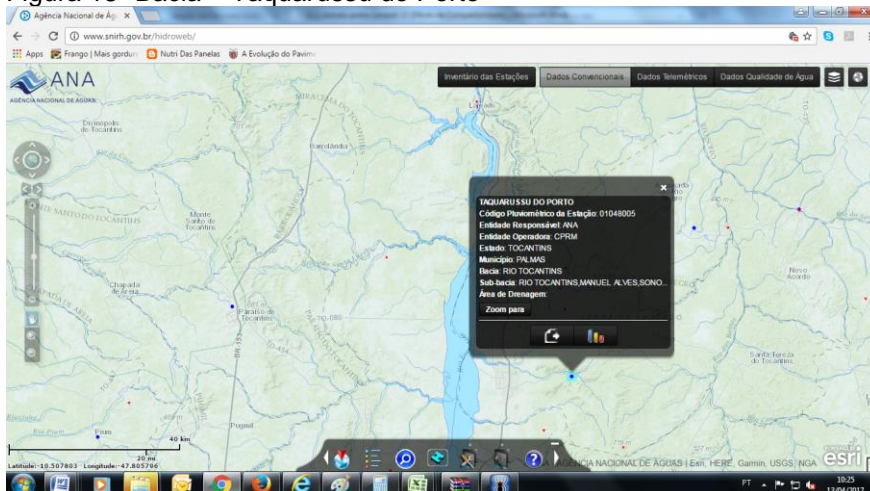
Logo após o site acessado observa-se que em volta da região de Palmas- TO, está demarcado os pontos em vermelho e azul, clicando no ponto abre-se e uma aba para exportação de arquivos em Excel, detalhando os seguintes dados:

- Azul: Dados da chuva - Analisa-se os dados das chuvas durante cada dia do mês e anual, conferindo as chuvas máximas, quantos dias choveu no mês e etc.

- Vermelho: Dados da água - Analisa-se os dados estação, data, hora, medição, pH, temperatura, cor, turbidez e demais dados para a análise da água.

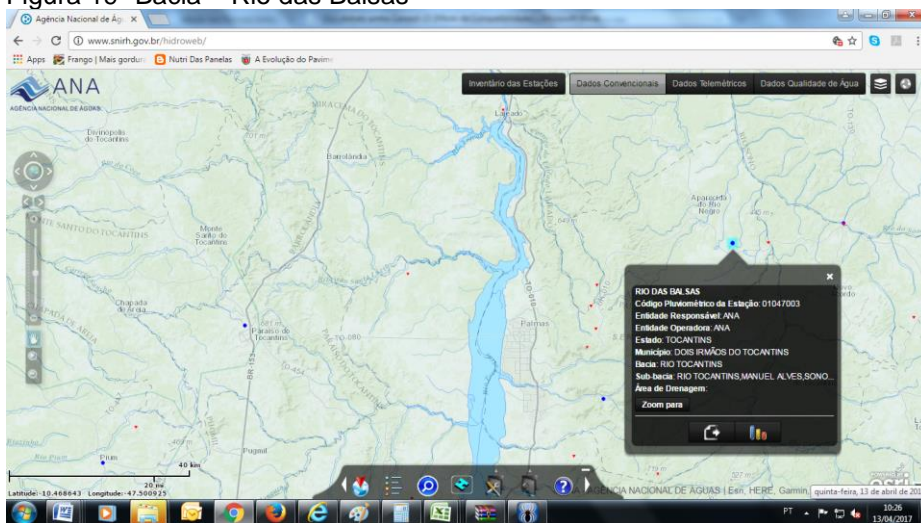
No trabalho será somente utilizado apenas informações pluviométricas.

Figura 18- Bacia – Taquarussu do Porto



Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

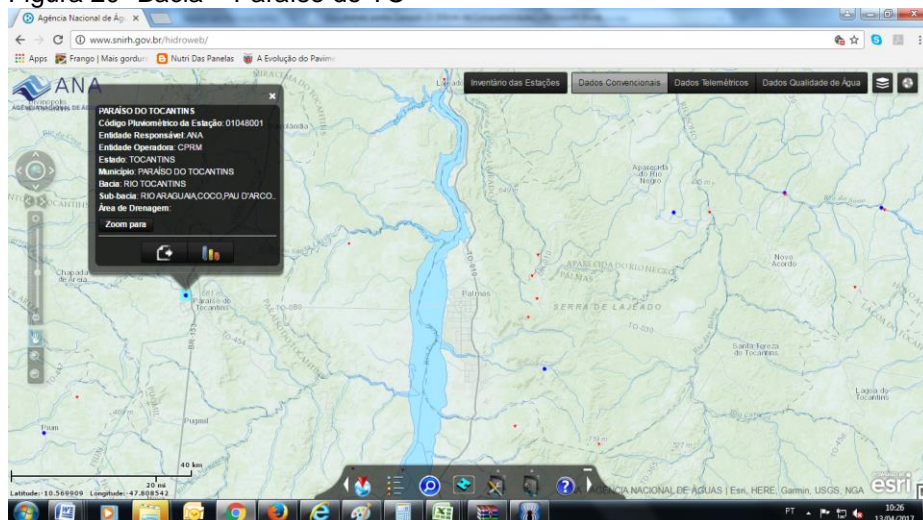
Figura 19- Bacia – Rio das Balsas



Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>



Figura 20- Bacia – Paraíso do TO



Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

### 3.1.3 Levantamento Topográfico da Região de Palmas

Foi realizado o levantamento topográfico para ter a projeção do terreno, apresentando as dimensões existentes, inclusas todas as marcações do terreno, as construções, semáforos, calçadas, boca de lobo, meio fio e demais dispositivos e uma análise do uso do solo em tempos diferentes de chuva, para levantar questões temporais, será usado, RTK, estação total, GPS

Figura: 21 - Base - RTK



Figura 22- Anotações das bocas de lobo







#### 3.1.4 Possíveis Soluções Técnicas para o Problema Atual

As soluções de melhorias técnicas para o problema atual, será possível com as pesquisas em campo, estudos hidrológicos, índices de chuvas, cálculos de vazões e assim indicar a melhor solução que abrange o local.

A apresentação será feito um projeto executivo, cálculos de todas as bacias, planilhas de quantitativos, detalhes de todos os dispositivos de drenagem e a planta baixa de toda a rede de drenagem com os seus coletores ligando nos demais jusante.

#### 4.0 RESULTADOS

O estabelecimento do regime pluviométrico teve por base, os dados obtidos a partir do site da ANA (Agência Nacional de Águas), identificando o objeto de estudo a Bacia Tocantins-Araguaia é uma das regiões hidrográficas do Brasil que, todos os cursos de água que deságuam nos rios Tocantins e Araguaia fazem parte dela. Essa bacia abrange uma área de 967.059 km<sup>2</sup>, correspondendo a 9,5% do território nacional; cobre totalmente ou parcialmente as terras dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão Pará e Distrito Federal. Para o estudo pluviométrico na cidade de Palmas no estado do Tocantins, foi analisado três postos, segue:

Tabela 9 -Dados dos Postos próximo a região a quadra 602 SUL

CÓDIGO	POSTO	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO	MUNICÍPIO
1048001	Paraíso do TO	-10° 09' 55"	48° 53' 26"	2003 a 2016	Paraíso do TO
1048003	Palmas	-10° 43' 0"	-48° 25' 0"	2003 a 2016	Porto nacional
1048005	Taquarussu	-10° 18' 48"	-48° 09' 34"	2003 a 2016	Palmas

Fonte: Elaborada pelo orientador

O estudo hidrológico é estatístico, ou seja, com uma série representativa são calculadas as freqüências de ocorrência para chuvas de diversos tempos de recorrência. Na página 106 do Manual de Hidrologia Básica do DNIT é citado que uma série é representativa se for de no mínimo 10 anos, neste projeto está sendo apresentado de 14 anos.

A representação das tabelas abaixo é a quantidade de chuva (h) pela altura de água precipitada e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. A avaliação é feita por pontos escolhidos, e as medidas são registradas pelo o aparelho pluviométrico, este aparelho registra as alturas no decorrer do tempo da chuva que são feitas periodicamente e nos intervalos de 24 horas, são elas:

- Altura pluviométrica: lâmina d'água precipitada sobre uma área. As medidas realizadas nos pluviômetros são expressas em mm, segue



Tabela 11- Alturas Pluviométricas- Palmas  
Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"

**ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS EM (mm)**

POSTO : PALMAS MUNICÍPIO : PORTO NACIONAL - TOCANTINS INMET  
CÓDIGO : 1048003 PERÍODO : JAN02 A DEZ/15 INMET

ANOS	MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAIS	MÁX.
2002	P	431,70	195,10	233,00	107,80	55,00				76,10	145,00	214,50	238,60	1.696,80	431,70
2003	P	487,10	241,40	236,80	231,60	129,90			18,60	22,60	179,60	303,10	193,00	2.043,70	487,10
2004	P	490,70	204,50	299,40	246,90	2,30	27,40			41,80	160,20	172,10	249,90	1.895,20	490,70
2005	P	263,20	257,90	273,40	179,30	46,10				82,90	110,20	242,00	336,70	1.791,70	336,70
2006	P	174,50	313,80	402,90	403,80	156,30			1,70	198,30	140,40	131,60	226,00	2.149,30	403,80
2007	P	365,10	583,20	209,10	84,20	34,30				55,10	80,90	201,70	130,10	1.743,70	583,20
2008	P	292,70	272,70	294,70	238,20	34,00				12,10	98,90	298,00	169,00	1.710,30	298,00
2009	P	160,10	353,80	168,70	130,40	285,10	40,10		0,40	80,70	213,70	172,00	316,30	1.921,30	353,80
2010	P	436,90	206,10	462,50	82,80	25,60	0,20			18,00	222,10	189,40	162,00	1.805,60	462,50
2011	P	354,20	327,30	352,40	218,80	9,80		2,20			228,10	210,50	302,40	2.005,70	354,20
2012	P	399,80	255,40	121,00	92,80	63,30	8,80				31,30	326,20	227,90	1.526,50	399,80
2013	P	289,10	197,20	364,40	105,30	24,90	24,20		0,20	10,50		281,00	433,00	1.729,80	433,00
2014	P	291,40	275,00	363,60	179,80	52,30				38,30	247,20	152,60	201,30	1.801,50	363,60
2015	P	152,60	201,30	136,70	308,00	77,80				102,60	145,20	430,90	6,90	1.562,00	430,90
Máxima (P)		490,70	583,20	462,50	403,80	285,10	40,10	2,20	18,60	198,30	247,20	430,90	433,00	2.149,30	583,20
Mínima (P)		152,60	195,10	121,00	82,80	2,30						131,60	6,90	1.526,50	298,00
Média (P)		327,79	277,48	279,90	186,41	71,19	7,19	0,16	1,49	52,79	143,06	237,54	228,08	1.813,08	416,36

Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 12- Alturas Pluviométricas - Taquarussu  
Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

**ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS EM (mm)**

POSTO : TAQUARUSSU MUNICÍPIO : PALMAS - TOCANTINS ANA  
CÓDIGO : 1048005 PERÍODO : JAN84 A DEZ/97 CPRM

ANOS	MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAIS	MÁX.
1984	P	255,50	324,80	352,70	223,20	4,00			23,20	42,20	256,90	150,00	255,60	1.888,10	352,70
1985	P	522,40	291,30	324,80	142,20	68,20			7,10	51,70	218,60	219,40	423,20	2.268,90	522,40
1986	P	283,00	404,00	177,90	185,20	46,20			13,70	34,00	327,40	288,00	266,80	2.026,20	404,00
1987	P	215,80	166,80	545,90	170,80	8,40			5,10	19,60	119,20	360,40	343,60	1.955,60	545,90
1988	P	231,80	246,80	246,00	190,00		3,60				117,20	96,20	458,00	1.589,60	458,00
1989	P	234,60	227,00	186,00	166,80	73,80	23,00			81,00	192,60	235,60	540,80	1.961,20	540,80
1990	P	93,20	256,20	253,10	25,20	127,00			5,20	185,00	97,40	277,70	169,10	1.489,10	277,70
1991	P	637,10	180,60	122,00	7,00	1,40			1,80	24,40	38,00	230,80	251,10	1.494,20	637,10
1992	P	177,10	209,90	245,30	80,70					51,00	148,00	267,00	396,00	1.575,00	396,00
1993	P	120,00	285,00	231,00	110,00	52,00			2,00	172,00	131,00	163,00	223,80	1.489,80	285,00
1994	P	325,20	293,40	372,70	160,20	35,40	4,90			0,60	100,00	198,30	372,80	1.863,50	372,80
1995	P	213,00	392,70	301,40	214,10	132,80					207,00	461,70	250,90	2.173,60	461,70
1996	P	284,90	259,60	312,10	107,90	122,20			21,50	338,80	254,30	220,60	192,60	2.114,50	338,80
1997	P	220,60	192,60	345,50	328,20	53,70				168,20	355,60	210,70	184,00	2.059,10	355,60
Máxima (P)		637,10	404,00	545,90	328,20	132,80	23,00		23,20	338,80	355,60	461,70	540,80	2.268,90	637,10
Mínima (P)		93,20	166,80	122,00	7,00						38,00	96,20	169,10	1.489,10	277,70
Média (P)		272,44	266,48	286,89	150,82	51,79	2,25		5,69	83,46	183,09	241,39	309,16	1.853,46	424,89

Fonte: Elaborada pelo orientador

A avaliação é feita por pontos escolhidos, e as medidas são registradas pelo o aparelho pluviométrico, este aparelho registra as alturas no decorrer do tempo da chuva que são feitas periodicamente e nos intervalos de 24 horas.

- Intensidade de precipitação: é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação expressa, geralmente em  $\text{mm.h}^{-1}$  ou  $\text{mm.min}^{-1}$ , segue:

Tabela 13- Precipitações Pluviométricas - Paraíso  
 Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"

**DADOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA EM 24 HORAS**

ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS EM (mm)

POSTO : PARAÍSO

MUNICÍPIO : PARAÍSO - TOCANTINS

ANA

CÓDIGO : 1048001

PERÍODO : JAN/90 A DEZ/03

CPRM

ANOS	MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX/DIAS
1990	P	90,20	90,60	50,20	50,40	65,20		36,20		40,40	15,40	56,70	96,60	96,60
	d	10,00	16,00	12,00	13,00	10,00		2,00		4,00	4,00	15,00	13,00	99,00
1991	P	84,20	70,60	52,20	74,00	23,00				20,00	37,00	102,20	53,80	102,20
	d	26,00	20,00	24,00	19,00	7,00				5,00	4,00	17,00	20,00	142,00
1992	P	50,00	117,20	20,00	41,20	35,00				23,00	64,20	66,60	50,00	117,20
	d	20,00	20,00	14,00	13,00	4,00				7,00	13,00	11,00	24,00	126,00
1993	P	25,00	75,00	41,80	88,80	89,00							70,00	89,00
	d	18,00	23,00	18,00	9,00	3,00							19,00	90,00
1994	P	108,40	87,20	56,00	60,20	31,60	31,60			1,20	29,80	78,00	53,60	108,40
	d	21,00	19,00	22,00	10,00	3,00	4,00			1,00	9,00	10,00	16,00	115,00
1995	P	48,80	132,00	33,00	25,00	50,00				7,90	45,00	57,00	68,00	132,00
	d	15,00	25,00	22,00	16,00	14,00				1,00	15,00	11,00	18,00	137,00
1996	P	51,20	61,40	34,00	51,00	45,80				17,70	38,00	68,80	75,00	75,00
	d	15,00	13,00	15,00	17,00	3,00				1,00	15,00	14,00	14,00	107,00
1997	P	75,00	85,20	70,60	60,00	11,40	2,20			43,00	60,00	36,20	40,40	85,20
	d	20,00	21,00	22,00	11,00	3,00	1,00			8,00	6,00	4,00	12,00	108,00
1998	P	29,60	50,00	54,60	22,00	18,60					33,40	108,20		108,20
	d	12,00	15,00	14,00	5,00	3,00					14,00	15,00		78,00
1999	P	58,00	60,40	58,20	80,00	49,80				51,40	35,20	100,30	108,40	108,40
	d	17,00	18,00	15,00	9,00	5,00				4,00	8,00	11,00	18,00	105,00
2000	P	33,20	54,80	56,60	58,80	1,60			0,40	15,50	16,50	21,30	75,70	75,70
	d	15,00	22,00	18,00	17,00	2,00			1,00	8,00	9,00	13,00	17,00	122,00
2001	P	21,00	30,30	49,90	44,60	46,70	3,10			14,30	42,30	67,20	132,90	132,90
	d	12,00	21,00	19,00	8,00	3,00	1,00			3,00	17,00	17,00	23,00	124,00
2002	P	105,20	77,60	47,60	35,50	71,00	63,40			100,00	70,50	78,70	44,10	105,20
	d	24,00	11,00	20,00	13,00	6,00	1,00			14,00	25,00	23,00	15,00	152,00
2003	P	78,70	44,10	75,10	78,20	56,10			47,00	61,10	45,80	61,40	106,50	106,50
	d	23,00	15,00	25,00	14,00	7,00			6,00	16,00	18,00	22,00	18,00	164,00
<b>Máxima (P)</b>														
		108,40	132,00	75,10	88,80	89,00	63,40	36,20	47,00	100,00	70,50	108,20	132,90	132,90
<b>Mínima (P)</b>														
		21,00	30,30	33,00	22,00	1,60								75,00
<b>Média (P)</b>														
		61,32	74,03	49,99	54,98	42,49	7,16	2,59	3,39	28,25	38,08	64,47	69,64	103,04
<b>Máximo (d)</b>														
		26,00	25,00	25,00	19,00	14,00	4,00	2,00	6,00	16,00	25,00	23,00	24,00	164,00
<b>Mínimo (d)</b>														
		10,00	11,00	12,00	5,00	2,00								78,00
<b>Média (d)</b>														
		17,71	18,50	18,57	12,43	5,21	0,50	0,14	0,50	5,14	11,21	13,07	16,21	119,21

Fonte: Elaborada pelo orientador



Tabela 15- Precipitações Pluviométricas - Taquarussu  
 Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

**DADOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA EM 24 HORAS**

ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS EM (mm)

POSTO : TAQUARUSSU  
 CÓDIGO : 1048005

MUNICÍPIO : PALMAS - TOCANTINS  
 PERÍODO : JAN/84 A DEZ/97

ANA  
 CPRM

ANOS	MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX/DIAS
1984	P	69,60	54,00	48,20	38,40	4,00			12,20	31,00	43,00	33,00	84,00	84,00
	d	17,00	15,00	23,00	12,00	1,00			2,00	4,00	14,00	8,00	10,00	106,00
1985	P	78,00	55,80	52,20	26,60	27,60			4,80	39,00	59,60	45,20	56,00	78,00
	d	20,00	16,00	19,00	14,00	5,00			2,00	3,00	13,00	12,00	22,00	126,00
1986	P	44,40	93,00	49,60	80,60	29,20			11,00	19,40	75,80	50,80	92,40	93,00
	d	17,00	16,00	14,00	9,00	2,00			2,00	4,00	14,00	18,00	14,00	110,00
1987	P	53,60	50,80	92,60	59,80	8,40			4,80	5,80	56,80	100,40	79,80	100,40
	d	17,00	18,00	23,00	9,00	1,00			2,00	5,00	9,00	18,00	17,00	119,00
1988	P	58,20	59,60	51,20	57,40		3,60				35,60	22,80	96,60	96,60
	d	11,00	16,00	20,00	11,00		1,00				6,00	9,00	20,00	94,00
1989	P	54,80	36,20	39,20	43,20	34,80	21,80			30,40	45,00	57,00	68,00	68,00
	d	14,00	9,00	14,00	15,00	7,00	2,00			9,00	14,00	13,00	28,00	125,00
1990	P	31,80	48,50	59,10	21,70	88,00			5,20	23,50	38,00	74,80	40,50	88,00
	d	10,00	17,00	10,00	2,00	9,00			1,00	13,00	11,00	18,00	15,00	106,00
1991	P	76,80	67,00	34,20	3,60	1,40			1,80	5,80	16,60	60,30	79,90	79,90
	d	27,00	11,00	14,00	3,00	1,00			1,00	6,00	3,00	10,00	11,00	87,00
1992	P	47,80	55,10	70,30	16,90									70,30
	d	12,00	12,00	15,00	9,00									48,00
1993	P												76,90	76,90
	d												15,00	15,00
1994	P	43,80	76,30	60,20	33,80	28,30	3,00			0,60	23,60	57,30	58,00	76,30
	d	20,00	21,00	21,00	11,00	5,00	2,00			1,00	11,00	13,00	20,00	125,00
1995	P	23,10	61,10	69,00	34,50	21,70					69,60	118,20	102,00	118,20
	d	22,00	25,00	18,00	14,00	12,00					10,00	19,00	16,00	136,00
1996	P	56,20	115,30	124,10	29,90	51,20			21,50	57,00	124,30	48,70	40,50	124,30
	d	19,00	13,00	21,00	12,00	8,00			1,00	18,00	15,00	15,00	11,00	133,00
1997	P	48,70	40,50	74,00	87,30	28,30				44,90	57,80	44,50	47,80	87,30
	d	15,00	11,00	13,00	10,00	5,00				13,00	18,00	17,00	10,00	112,00
Máxima (P)		78,00	115,30	124,10	87,30	88,00	21,80		21,50	57,00	124,30	118,20	102,00	124,30
Mínima (P)														68,00
Média (P)		49,06	58,09	58,85	38,12	23,06	2,03		4,38	18,39	46,12	50,93	65,89	88,66
Máximo (d)		27,00	25,00	23,00	15,00	12,00	2,00		2,00	18,00	18,00	19,00	28,00	136,00
Mínimo (d)														15,00
Média (d)		15,79	14,29	16,07	9,36	4,00	0,36		0,79	5,43	9,86	12,14	14,93	103,00

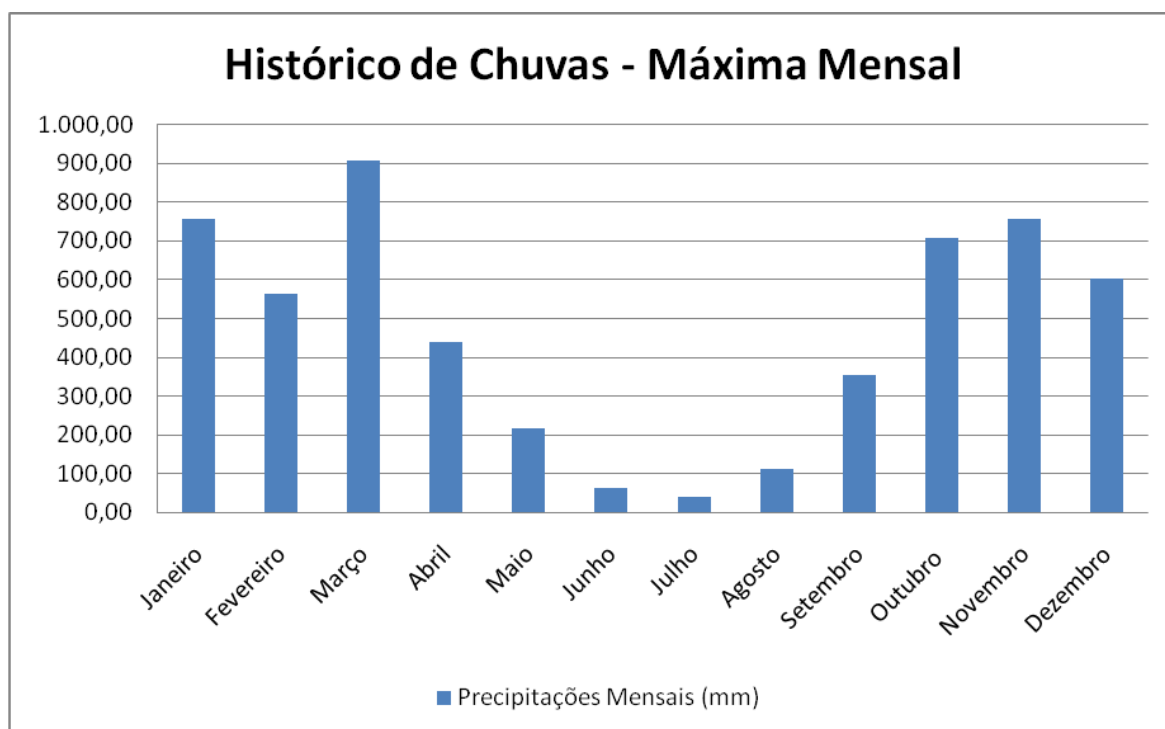
Fonte: Elaborada pelo orientador



Para verificar e poder apresentar dados históricos de chuvas – onde é possível ter a Máxima Mensal, as diferentes estações pluviométricas fazem a análise de dados das chuvas máximas mensais com um precisão alta. Dessa forma é apresentado um gráfico com uma qualidade de informação e com a intensidade máxima depende de uma distribuição de precipitações ao longo dos dias de chuva máxima que depende do tempo de escoamento / retardamento na bacia. Em um dia de máxima chuva a intensidade não se distribui uniformemente ao longo de suas horas e frações, mas concentra-se em algumas poucas, quando atinge a intensidade máxima. Quanto maior o tempo de escoamento da bacia, menor a intensidade máxima resultante.

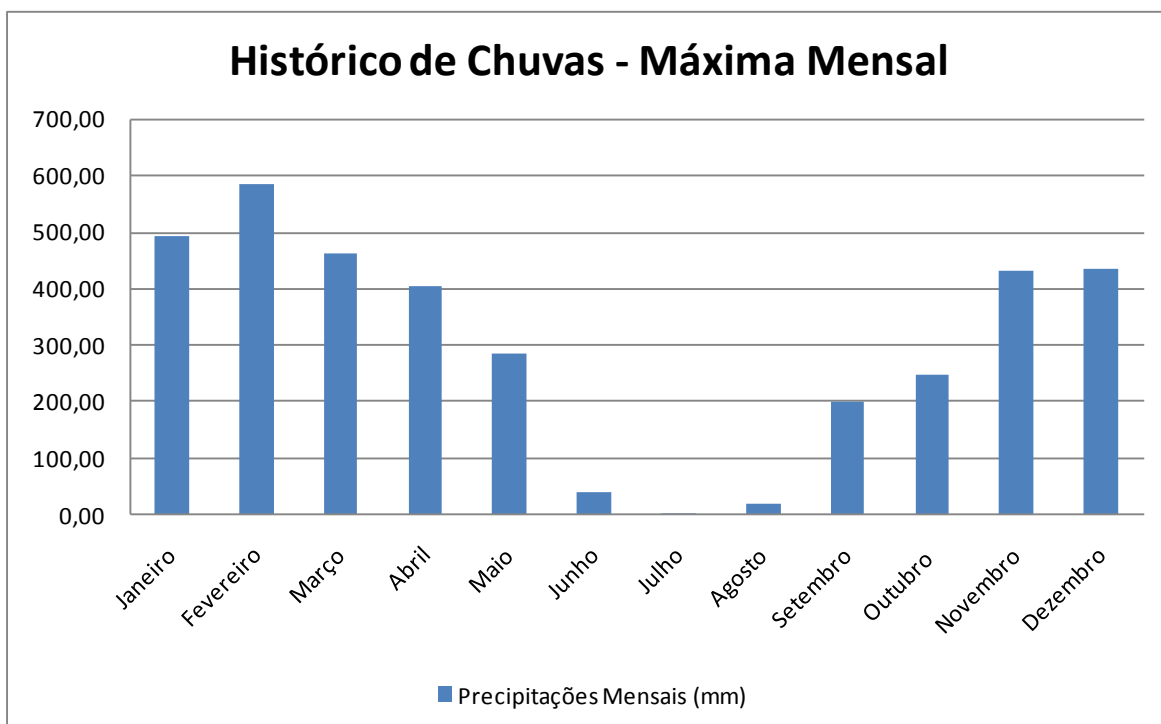
Foram elaborados os histogramas das precipitações pluviométricas máximas mensais e o quadro com as precipitações mensal, médias e máximas:

Gráfico 1- Histórica de chuvas - Máxima Mensal - Paraíso .  
Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"



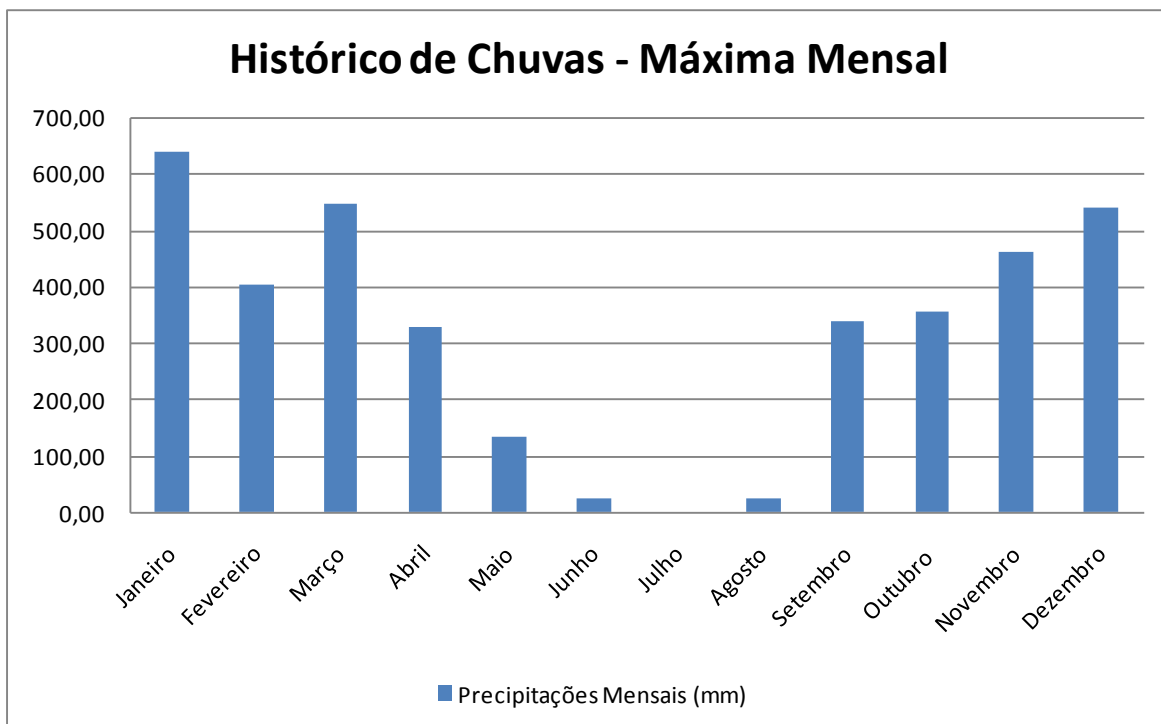
Fonte: Elaborada pelo orientador

Gráfico 2 - Histórica de chuvas - Máxima Mensal - Palmas .  
 Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"



Fonte: Elaborada pelo orinetador

Gráfico 3- Histórica de chuvas - Máxima Mensal- Taquarussu.  
 Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"



Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 16- Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Paraíso

Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"

Meses	Precipitações Mensais (mm)		
	Média Mensal	Máxima Mensal	Mínima Mensal
Janeiro	364,76	756,00	106,40
Fevereiro	382,84	564,60	158,90
Março	339,69	909,20	173,80
Abril	230,74	439,80	67,00
Mai	80,28	216,90	1,70
Junho	7,68	63,40	0,00
Julho	2,76	38,60	0,00
Agosto	8,42	111,50	0,00
Setembro	94,11	353,10	0,00
Outubro	190,42	707,40	20,20
Novembro	311,70	756,00	75,90
Dezembro	350,49	604,20	0,00

Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 17 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios- Palmas

Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"

Meses	Precipitações Mensais (mm)		
	Média Mensal	Máxima Mensal	Mínima Mensal
Janeiro	327,79	490,70	152,60
Fevereiro	277,48	583,20	195,10
Março	279,90	462,50	121,00
Abril	186,41	403,80	82,80
Mai	71,19	285,10	2,30
Junho	7,19	40,10	0,00
Julho	0,16	2,20	0,00
Agosto	1,49	18,60	0,00
Setembro	52,79	198,30	0,00
Outubro	143,06	247,20	0,00
Novembro	237,54	430,90	131,60
Dezembro	228,08	433,00	6,90

Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 18 - Quadro com as distribuições mensais do número de dias de chuva máximos, mínimos e médios - Taquarussu.

Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

Meses	Precipitações Mensais (mm)		
	Média Mensal	Máxima Mensal	Mínima Mensal
Janeiro	272,44	637,10	93,20
Fevereiro	266,48	404,00	166,80
Março	286,89	545,90	122,00
Abril	150,82	328,20	7,00
Mai	51,79	132,80	0,00
Junho	2,25	23,00	0,00
Julho	0,00	0,00	0,00
Agosto	5,69	23,20	0,00
Setembro	83,46	338,80	0,00
Outubro	183,09	355,60	38,00
Novembro	241,39	461,70	96,20
Dezembro	309,16	540,80	169,10

Fonte: Elaborada pelo orientador

A intensidade de chuvas contribui diretamente as descargas máximas decorrentes, isso ocorre pelo o motivo de ser uma medida de água que a bacia recebe na unidade de tempo. Nas chuvas intensas, a máxima de proporção da precipitação escorre como deflúvio superficial direto do que nas chuvas de sua insignificante intensidade, visto que, para as primeiras, há maior excesso sobre a capacidade de infiltração no solo. Chuvas pouco prováveis podem ser absorvidas integralmente ou em grande parte, pela barreira da vegetação e pela deficiência de umidade de solo superficial, dando origem a pouco ou nenhum deflúvio superficial direto. Assim, a intensidade das chuvas vem afetar tanto a descarga máxima, como o coeficiente de deflúvio, dando, portanto deflúvios superficiais diretos, que crescem mais do que proporcionalmente às precipitações que lhe dão origem. Pode ser observado na tabela abaixo onde se obteve os parâmetros necessários para a determinação das precipitações desejadas:

Tabela 19- Parâmetros da Isozona E - Palmas. Paraíso e Taquarussu  
 Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"  
 Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"  
 Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

T.R.	1 hora / 24 horas						6 mim / 24 horas	
	10	15	20	25	50	100	5 a 50	100
%	43,60	43,30	43,20	43,00	42,90	42,60	12,60	11,20

Fonte: Elaborada pelo orientador

### Período de Precipitação

O período de precipitação são análises que obtêm parâmetros estáticos que geram análises de riscos para futuras obras, contribuindo com desgastes futuros com drenagem. São calculo com período de retorno de 10 a 100 anos, podendo ocasionar enchentes nesse periodo, pode- se diz que inundações tem 1% de probabilidade de ser igual ou máxima em qualquer ano.Obras são planejadas parar durar vários anos expõe-se todo ano a um risco igual à probabilidade de ocorrência da vazão de projeto. O risco da obra falhar uma ou mais vezes ao longo da sua vida útil pode ser deduzido dos conceitos fundamentais da teoria das probabilidades e é igual a:

Tabela 20 - Precipitações de Projeto - Paraíso  
 Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"

Duração	Tempo de Recorrência					
	10	15	20	25	50	100
24 horas	144,73	152,26	157,05	161,82	174,52	187,11
1 hora	63,10	65,93	67,84	69,58	74,87	79,71
6 minutos	18,24	19,19	19,79	20,39	21,99	20,96

Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 21 - Precipitações de Projeto- Palmas

Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"

Duração	Tempo de Recorrência					
	10	15	20	25	50	100
24 horas	152,68	163,68	170,67	177,64	196,16	214,56
1 hora	66,57	70,87	73,73	76,38	84,15	91,40
6 minutos	19,24	20,62	21,50	22,38	24,72	24,03

Fonte: Elaborada pelo orientador

Tabela 22- Precipitações de Projeto- Taquarussu

Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

Duração	Tempo de Recorrência					
	10	15	20	25	50	100
24 horas	127,04	134,12	138,61	143,11	155,03	166,88
1 hora	55,39	58,08	59,88	61,54	66,51	71,09
6 minutos	16,01	16,90	17,46	18,03	19,53	18,69

Fonte: Elaborada pelo orientador

A probabilidade de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais foi estabelecida pela equação:

$$TR = \frac{1}{F}$$

Onde:

TR = probabilidade de ocorrência das máximas precipitações diárias anuais;

F = frequência de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais, em decimal.

As intensidades utilizadas para calibrar a equação IDF são obtidas a partir da distribuição de Gumbel, valores das curvas IDF, é que elas são construídas a

partir de registros históricos de alturas de precipitação versus duração. A partir destes dados, calibra-se a curva que melhor se adequará a estes dados de intensidade através de uma fórmula matemática.

Tabela 23 - Distribuição GUMBEL - Palmas/Paraíso e Taqurussu  
 Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"  
 Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"  
 Código: 1048005, Posto: Taqurussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"

VALORES DE " K " CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE GUMBEL							
Nº de Eventos Considerados	TR - Tempo de Recorrência em anos						
	5	10	15	20	25	50	100
10	1,058	1,848	2,289	2,568	2,847	3,588	4,323
11	1,034	1,809	2,242	2,516	2,789	3,516	4,238
12	1,013	1,777	2,202	2,472	2,741	3,456	4,166
13	0,996	1,748	2,168	2,434	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,724	2,138	2,401	2,663	3,360	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,372	2,632	3,321	4,005
16	0,955	1,682	2,087	2,344	2,601	3,283	3,959
17	0,943	1,664	2,066	2,321	2,575	3,250	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,300	2,552	3,223	3,888
19	0,926	1,636	2,032	2,283	2,533	3,199	3,860
20	0,919	1,625	2,018	2,268	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,252	2,500	3,157	3,810
22	0,905	1,603	1,992	2,238	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,980	2,225	2,470	3,121	3,766
24	0,893	1,584	1,969	2,213	2,457	3,104	3,747
25	0,888	1,575	1,958	2,201	2,444	3,088	3,729
26	0,883	1,566	1,949	2,191	2,432	3,074	3,711
27	0,879	1,560	1,941	2,182	2,422	3,061	3,696
28	0,874	1,553	1,932	2,172	2,412	3,048	3,681
29	0,870	1,547	1,924	2,163	2,402	3,037	3,667
30	0,866	1,541	1,917	2,155	2,393	3,026	3,653
31	0,863	1,535	1,910	2,148	2,385	3,015	3,641
32	0,860	1,530	1,904	2,141	2,377	3,005	3,629
33	0,856	1,525	1,897	2,133	2,369	2,996	3,618
34	0,853	1,520	1,892	2,127	2,362	2,987	3,609
35	0,851	1,516	1,886	2,120	2,354	2,977	3,598
36	0,848	1,511	1,881	2,115	2,349	2,971	3,588
37	0,845	1,507	1,876	2,110	2,344	2,963	3,579
38	0,843	1,503	1,871	2,105	2,338	2,957	3,571
39	0,840	1,499	1,867	2,099	2,331	2,950	3,563
40	0,838	1,495	1,862	2,094	2,326	2,943	3,554
41	0,836	1,492	1,856	2,089	2,321	2,936	3,547
42	0,834	1,489	1,854	2,085	2,316	2,930	3,539
43	0,832	1,485	1,850	2,081	2,311	2,924	3,532
44	0,830	1,482	1,846	2,077	2,307	2,919	3,526
45	0,828	1,478	1,842	2,073	2,303	2,913	3,519
46	0,826	1,476	1,839	2,069	2,298	2,908	3,513
47	0,824	1,474	1,836	2,065	2,294	2,903	3,507
48	0,823	1,471	1,832	2,061	2,290	2,898	3,501
49	0,821	1,469	1,830	2,059	2,287	2,894	3,498
50	0,820	1,466	1,827	2,055	2,283	2,889	3,490
51	0,818	1,464	1,824	2,052	2,280	2,885	3,486
52	0,817	1,462	1,821	2,049	2,276	2,881	3,481
53	0,815	1,459	1,818	2,046	2,273	2,875	3,474
54	0,814	1,457	1,816	2,043	2,270	2,873	3,471
55	0,813	1,455	1,813	2,040	2,267	2,869	3,467
56	0,812	1,453	1,811	2,038	2,264	2,865	3,462
57	0,810	1,451	1,809	2,035	2,261	2,862	3,458
58	0,809	1,449	1,806	2,032	2,258	2,858	3,454
59	0,808	1,448	1,804	2,030	2,256	2,855	3,450
60	0,807	1,446	1,802	2,028	2,253	2,852	3,446

Fonte: M. D. REID, 8 de Nov de 1942

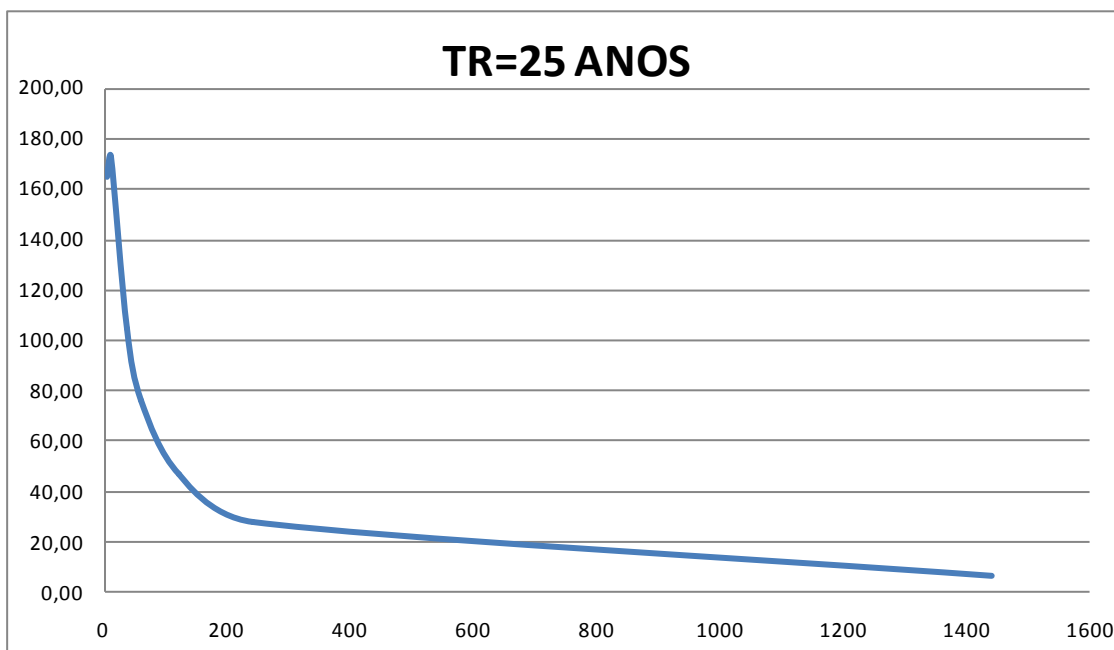
Fonte: Elaborada pelo orientador



As curvas IDF auxiliam engenheiros e projetistas nas ausências de informações, os histogramas, quando analisam dados desse método, ocorre uma maximização das precipitações para cada duração, já que para ocorrer uma precipitação na duração de um único evento e muito raro.

Gráfico 4 - IDF - Paraíso

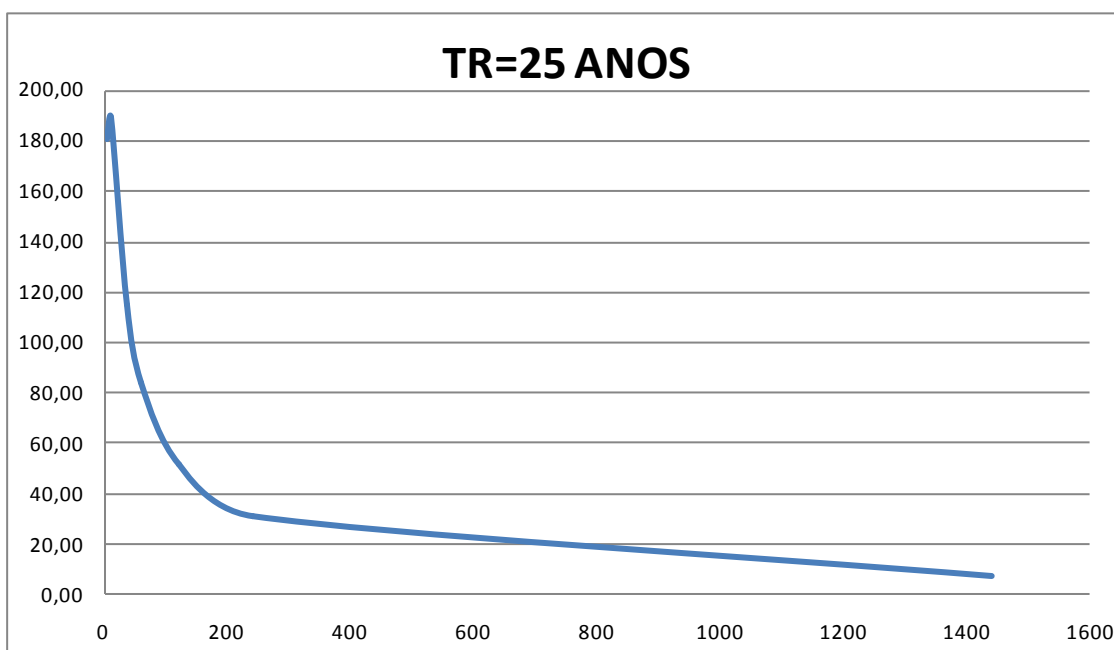
Código: 1048001, Posto: Paraíso do TO, LAT: -10° 0' 55" LONG:- 48° 53' 26"



Fonte: Elaborada pelo orientador

Gráfico 5 - IDF - Palmas

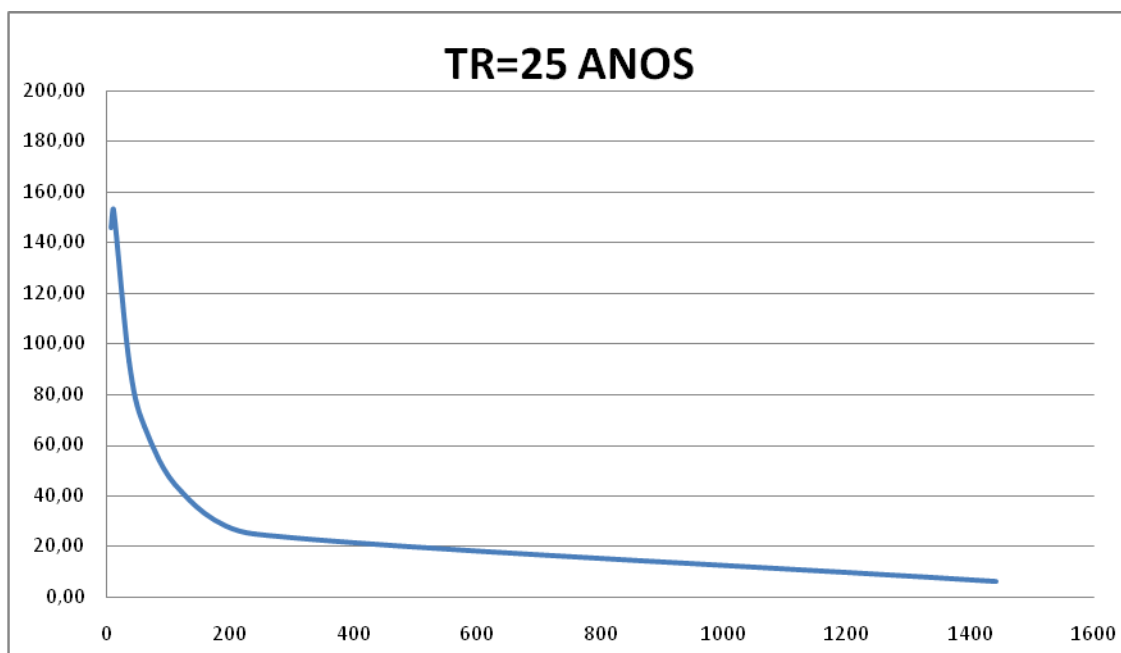
Código: 1048003, Posto: Palmas, LAT: -10° 43' 0" LONG: -48° 25' 0"



Fonte: Elaborada pelo orientador

Gráfico 6 - IDF - Taquarussu

Código: 1048005, Posto: Taquarussu, LAT: -10° 18' 48" LONG:- 48° 09' 34"



Fonte: Elaborada pelo orientador

Podemos concluir que os dispositivos existentes no local não é suficiente para captar as águas das chuvas, por ser uma avenida que tem uma diferença de cotas de menos de 0,20, sendo quase plana.

Figura 14 - chuvas intensas - Na Avenida Teotônio Segurado -602 SUL



Fonte: Elaborada pelo autor

A acessibilidade para todos que utilizam aquela avenida na hora de chuvas é muito ruim,

Figura 15 - Sem mobilidade ao pedestre



Fonte: Elaborada pelo autor

Com as análises topográficas, hidrológicas, pesquisa dos dispositivos e fotos para comprovar a real situação, começa-se a sugerir melhorias com os cálculos da vazão :

O estudo das vazões das bacias de contribuição, para efeito de dimensionamento das obras de drenagem, foi feito separadamente, considerando as especificações gerais para elaboração de Projeto. Rodoviários do DNIT. calculam-se as vazões afluentes pelo Método Racional.

$$TC = 0,95 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Onde:

Tc = tempo de concentração em horas

L = comprimento do talvegue em km

H = desnível do talvegue em m.

Buscando o C e feita a análise conforme tabela de Runnof, definindo, telhado, gramado, terreno, concreto e pavimento, depois calcula com a proporção da área do local, assim tem o Cm.

Os limites de aplicação do chamado Método Racional, segundo os hidrólogos, são muito variáveis. Vamos adotar o procedimento recomendado pelo DNIT, que está abaixo descrito. Para o cálculo das vazões afluentes em bacias hidrográficas com áreas de até 1,0 km<sup>2</sup>,

Usando a fórmula:

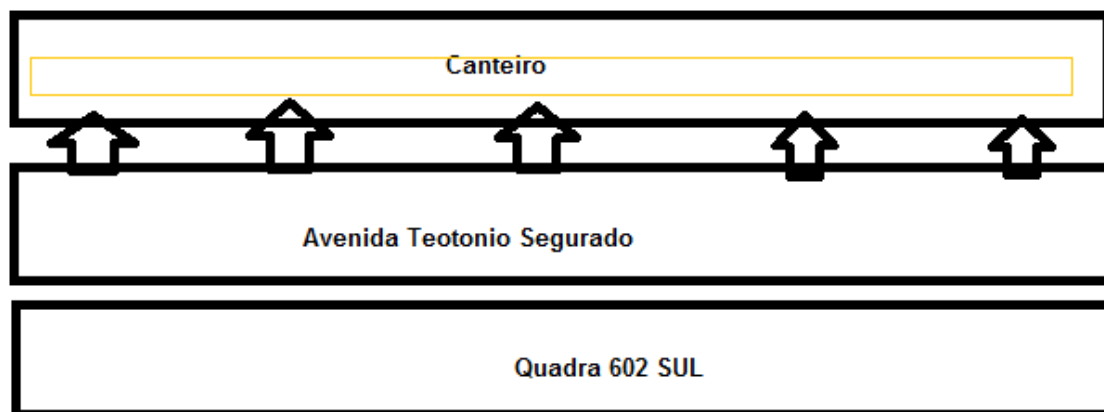
$$V = \frac{Rh^2}{3 \times \sqrt{i}} \times n$$

13

Feito os cálculos, sugere-se duas alternativas:

1º Inverter a inclinação transversal da pista. ( Ao invés para o estacionamento, projetar para o canteiro)

Figura 16 - Croqui - 1º Sugestão de Melhoria



Fonte: Elaborada pelo autor

2º Sugestão: Eliminar bocas de Lobo existentes, propondo escoamento superficial.

## **6. CONCLUSÃO**

Na análise para a elaboração do projeto de sistema de drenagem de água pluvial para quadra 602 SUL, verificou-se que foi considerado um coeficiente de runoff constante e inadequado para o tipo de uso e ocupação do solo, bem como, foram desconsideradas áreas de contribuições nos trechos externos, portanto, a vazão apresentada no projeto está alta para o valor proposto do projeto, possivelmente acarretará problemas de inundações no local e a sua jusante, pois o sistema de drenagem apresentado se torna insuficiente para sua realidade. A proposta de melhoria no sistema com um dimensionado economicamente viável, foi proposto sarjetas no canteiro da pista e levando até um canal aberto, possibilitando a diminuição de inundações.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M., *et alli*. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Apostila de Hidrologia. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. cap. 2, p. 11-14.

Costa, A. R.; Brito, V. F. Equações de chuva intensa para Goiás e sul de Tocantins. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD Rom

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT(2006). *Manual de Drenagem de Rodovias* –2ª edição. Rio de Janeiro, IPR publ. 724.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT(2005). *Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1996). *Manual de Pavimentação*. 2ª. Edição. Rio de Janeiro – RJ.

FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M.D.; CEMIN, G. Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. Caxias do Sul: EDUCS, 2009. 270 pp.

MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO DO DNIT (2006). Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros / Liedi Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro : Pet RoBRAS: ABEdA,2006.504 f. : il.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para Todos*. Brasília :Ministério das Cidades, 2006. 194 pp.

Pavimentação Asfáltica: FORMAÇÃO BÁSICA PARA ENGENHEIROS / Liedi Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro : PET ROBRAS: ABED A, 2006.

TOLEDO, Geraldo Luciano; OVALLE, Ivo Izidoro. *Estatística básica*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1985.

TUCCI, C.E.M., 2005, *Gestão das Águas Pluviais Urbanas: Saneamento para todos*. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, DF. 197 p.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. (org.) Drenagem urbana. Porto Alegre, ABRH, 1995.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245pp