



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Luiz Gustavo Rocha Andrade

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DA REDE DE
DRENAGEM PLUVIAL DA AV. LO27, TRECHO ENTRE A AVENIDA TEOTÔNIO
SEGURADO E A AVENIDA NS 10 – PALMAS-TO

Palmas – TO

2017

Luiz Gustavo Rocha Andrade

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DA REDE DE
DRENAGEM PLUVIAL DA AV. LO27, TRECHO ENTRE A AVENIDA TEOTÔNIO
SEGURADO E A AVENIDA NS 10 – PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas – TO

2017

Luiz Gustavo Rocha Andrade
ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DA REDE DE
DRENAGEM PLUVIAL DA AV. LO27, TRECHO ENTRE A AVENIDA TEOTÔNIO
SEGURADO E A AVENIDA NS 10 – PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Me Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Prof. Miguel Ângelo de Negri

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Palmas – TO

2017

**Aos meus pais, Glória e Jesus, à
minha irmã, Laíssa, à minha namorada,
Isabella, e à toda a minha igreja, Igreja
Cristã Maranata, pelo apoio, carinho, e
orações.**

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por guiar sempre os meus caminhos, por dar oportunidades, e abrir novas portas a cada dia.

À minha família, pelo apoio, compreensão, carinho, e orações para que os desafios em minha vida sejam vencidos com louvor.

À minha namorada, pelo companheirismo e por toda a força dada nos momentos em que mais precisei.

Ao meu Orientador, e amigo, professor Euzir Pinto Chagas, por toda a paciência, dedicação, altruísmo, e empenho em passar o seu vasto conhecimento, durante a execução desse trabalho.

Aos meus queridos amigos, e irmãos da Igreja Cristã Maranata, pela força e orações durante toda a minha formação, e toda a minha caminhada.

E por fim, à todos os meus amigos e colegas, em especial meus irmãos, Zamar e Orígenes, pela compreensão, amizade, e força em cada nova etapa da minha vida.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no oceano. Mas o oceano seria menor se lhe faltasse uma gota.” (Madre Tereza de Calcutá)

RESUMO

ANDRADE, Luiz Gustavo Rocha. **Estudo hidrológico, para elaboração de projeto básico da rede de drenagem pluvial da Av. LO-27 em Palmas-TO.** 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Tendo em vista os problemas recorrentes de inundações nas principais avenidas de Palmas quando é chegada a época de chuvas, o presente trabalho discute a eficiência da atual rede de drenagem na avenida LO-27, através de um estudo hidrológico. Sabe-se que em média, chove-se próximo de 1800 mm de chuva ao ano na cidade de Palmas, o que é considerado lto, apesar de toda a chuva estar dividida em apenas 138 dias de ocorrência segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET -, o que mostra quão intensas são as chuvas da região. Dessa forma, para elaboração do projeto adequado de drenagem, precisou-se fazer primeiramente um estudo hidrológico da capital Tocantinense, uma vez que esse é o ponto de partida para a solução mais eficiente do ponto de vista técnico e econômico. Para a realização do estudo, usou-se dados do Instituto Nacional de Meteorologia e visitas à avenida objeto de estudo, para cadastramento da rede existente levantamento topográfico da via. Visto que a avenida sofre com inundações sempre que chega o período chuvoso, o projeto básico da rede de drenagem pluvial evidenciou o que já era imaginado, que a rede de drenagem existente é insuficiente e naturalmente ineficaz para o adequado manejo das águas. Logo, o projeto básico elaborado servirá de base para estudos mais aprofundados, que poderão, inclusive, ser utilizado em outras LO's que sofrem do mesmo problema.

Palavras chave: Drenagem urbana. Inundação. Saneamento básico. Hidrologia.

ABSTRACT

ANDRADE, Luiz Gustavo Rocha. **Hydrological study, to elaborate the basic design of the drainage network of the Av. LO-27 in Palmas-TO.** 2017. 60 f. Course Completion Work (Bachelor) - Civil Engineering Course, University Center Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2017.

Considering the recurrent problems of flooding in the main avenues of Palmas when it is the rainy season, the present paper discusses an update of the current drainage network in the LO-27 avenue, through a hydrological study. It is known that on average, it rains near 1800 mm of rain a year in the city of Palmas, which is considered high, although all the rain is divided in only 138 days of occurrence according to data of the National Institute of Meteorology - INMET -, which shows how intense they are as rains of the region. Thus, to elaborate the project, duly elaborated, to elaborate the project, to elaborate a hydraulic project of the capital Tocantinense, since this is a starting point for a more efficient solution from the technical and economic point of view. For the accomplishment of the study, data of the National Institute of Meteorology and visits to the avenue object of study were used, to register of the existing network topographic survey of the route. Since it is an avenue suffers from flooding always the rainy season arrives, the basic design of the rainwater drainage network showed what was already imagined, which is an existing drainage network and insufficient and naturally ineffective for directing the Water. Therefore, the basic design elaborated will serve as a basis for more in-depth studies, which may even be used in other LO's that suffer from the same problem.

Key words: Urban drainage. Inundation. Basic sanitation. Hydrology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Medidas estruturais e não estruturais - Escala de bacia hidrográfica.	17
Figura 2: Medidas estruturais e não estruturais - Escala de bairro ou comunidade.	17
Figura 3: Estrutura organizacional da gestão e gerenciamento do setor de drenagem urbana de Palmas.....	19
Figura 4: Processo de urbanização	21
Figura 5: Ciclo Hidrológico.....	22
Figura 6: Mudanças hidrológicas decorrentes ao desenvolvimento.....	23
Figura 7: Bacias Hidrográficas de Palmas.....	28
Figura 8: Boca de lobo simples, ou lateral.	29
Figura 9: Boca de lobo grelha.	29
Figura 10: Boca de lobo combinada.	30
Figura 11: Bocas de lobo Múltiplas.....	30
Figura 12: Sarjeta	31
Figura 13: Poço de visita - Projeto executivo.....	32
Figura 14: Projeto executivo de galeria pluvial.....	33
Figura 15: Galeria Circular em corte.....	33
Figura 16 : Condutos livres.	34
Figura 17: Localização da Avenida LO-27	36
Figura 18: Bacia Ribeirão Taquaruçu Grande.....	37
Figura 19: Página da ANA na web.....	38
Figura 20: Caminho para obtenção dos dados, através da página da ANA.....	38
Figura 21: Novo Hidro - Plataforma de pesquisa dos dados hidrológicos.....	39
Figura 22: Galeria de águas pluviais com descida d'água.....	43
Figura 23: Ação da enxurrada na via, danificando o meio fio na rotatória.	44
Figura 25: Rede existente em mapa.....	45
Figura 26: Rede existente em planta.....	45
Figura 27: Sentido de percolação da água na quadra 1106s.	47
Figura 28: Seção transversal da sarjeta.....	51
Figura 29 : Comprimento crítico de sarjeta.....	51

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1: Precipitação máxima para os últimos 10 anos de Palmas.	40
Tabela 2: Distribuição das chuvas no ano.	41
Tabela 3: Intensidade, Duração e Frequência.....	42
Tabela 4: Total de BL's por trecho.	46
Tabela 5: Locação dos BL's.....	46
Tabela 6: Resultados por trecho.	48
Tabela 7: Diâmetros calculados para a rede.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de águas
BL	Boca de Lobo
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade Duração e Frequência
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PCD	Plataforma de coleta de Dados
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SIG	Sistema de Informações Geográficas
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1.1 PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 INSTITUCIONAL	16
2.2 MEIO AMBIENTE	19
2.3 HIDROLOGIA.....	21
2.3.1 PRECIPITAÇÕES.....	23
2.3.1.1 INTENSIDADE DAS CHUVAS	25
2.3.1.2 ALTURA PLUVIOMÉTRICA	25
2.3.1.3 DURAÇÃO	26
2.3.1.4 FREQUÊNCIA.....	26
2.3.1.5 VAZÃO	26
2.3.2 BACIA HIDROGRÁFICA	27
2.4 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	28
2.4.1 BOCA DE LOBO.....	28
2.4.2 SARJETA	31
2.4.3 MEIO-FIO	31
2.4.4 POÇO DE VISITA	31
2.4.5 GALERIAS PLUVIAIS	32
2.5 CONDUTOS LIVRES	33
2.6 TRATAMENTO DE DADOS	34
2.6.1 MÉDIA ARITMÉTICA	34
2.6.2 MEDIANA	35
2.6.3 MODA.....	35
2.6.4 DESVIO PADRÃO	35
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 LEVANTAMENTO EM CAMPO DOS PONTOS CRÍTICOS.....	36
3.2 ELABORAÇÃO DE ESTUDO HIDROLÓGICO	36

3.2.1 FONTES DE DADOS HIDROLÓGICOS	37
3.3 LEVANTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EXISTENTE	39
3.4 ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 ESTUDO HIDROLÓGICO.....	40
4.1.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA	41
4.1.2 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	42
4.2 CADASTRAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EXISTENTE E IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS	43
4.3 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	46
4.4 PROJETO BÁSICO DE DRENAGEM	47
5. CONCLUSÃO.....	53
BIBLIOGRAFIA	54
APÊNDICES	58

INTRODUÇÃO

Segundo Philippi Jr *et al*, (2005) *apud* Almeida *et al* (2014), drenagem urbana é o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais utilizados no manejo de águas pluviais. Entende-se por sistema de drenagem urbana a pavimentação de ruas, rede de captação de águas pluviais subterrâneas ou superficiais. Além de funcionar como parte do sistema de drenagem, o pavimento acaba por impermeabilizar áreas urbanas e aumentar o escoamento superficial das águas, tornando indispensável o gerenciamento e a visão macro ainda na elaboração do projeto de manejo de águas pluviais para curto, médio e longo prazo, evitando impactos ambientais que afetam diretamente a população, como: Inundações, alagamentos, assoreamentos e erosões. (Philippi Jr *et al*, 2005 *apud* Almeida *et al*, 2014)

As enchentes, por sua vez, impactam na saúde coletiva de uma cidade. Uma vez que nascentes e poços são contaminados muitas vezes com a presença de agentes infecciosos, levados pelas águas das enchentes, aumenta-se o risco de que doenças sejam levadas para dentro das residências através da água. A ineficiência do sistema de captação e drenagem de águas pluviais, pode acarretar ainda em outros impactos negativos relacionados ao bem-estar da população e que também merecem atenção, como segurança e a mobilidade.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e que tem por objetivo levantar e caracterizar as condições de saneamento básico dos municípios brasileiros, levantou que, do ano 2000 até 2008, a região norte do país teve um aumento de quase 90% no contingente de municípios que possuem ruas pavimentadas, variável importante no que se refere a drenagem urbana.

Embora houvesse um crescimento no número de municípios que declaram ter algum tipo de serviço de drenagem urbana, independente da eficiência ou dimensão do sistema, notou-se a diminuição na proporção daqueles que possuem drenagem subterrânea, dando um indicativo de que, no período analisado, investiu-se mais nos sistemas superficiais e/ou houve a desativação de sistemas subterrâneos pela ocorrência de danos, ainda segundo dados do IBGE.

Outro dado levantado pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB (2008), e que nos chama atenção, trata dos dispositivos coletivos de retenção ou amortecimento de águas pluviais. Segundo a pesquisa, dos 5.256 municípios que declararam possuir sistema de drenagem urbana, apenas 12,7% possuíam esse tipo de dispositivo. Os três Estados brasileiros que apresentaram maiores proporções de municípios que utilizam os dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão são: Mato Grosso do Sul (53,8%); Paraná (31,8%); e Mato Grosso (28,6%). O Estado do Tocantins, por sua vez, chama atenção por aparecer na

outra extremidade com apenas 2,9%, reflexo direto da situação vivida pelos Estados do Norte, que aparecem em penúltimo lugar entre as regiões que não possuem esse tipo de equipamento, acendendo o alerta para a falta de investimento nesse setor.

1.1 PROBLEMA

Porque o sistema de drenagem pluvial da Av. LO27 não suporta, hoje, a demanda de chuvas, causando transtornos a população, principalmente no que se refere a mobilidade urbana?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar a rede de drenagem pluvial da AV. LO 27, a fim de avaliar a sua eficiência, e através da elaboração de um projeto básico, apontar o que pode ser melhorado para a diminuição dos problemas de inundação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar o estudo hidrológico;
- Cadastrar toda a rede existente e identificar os pontos críticos;
- Elaborar estudo topográfico;
- Elaborar projeto básico para solucionar os possíveis problemas;

1.3 JUSTIFICATIVA

Sabemos que é de interesse da população assuntos que tratam diretamente da segurança, mobilidade, saúde e bem-estar em geral. Desta forma, surgiu-se o interesse pelo assunto tratado nesse estudo, visto que todo morador da cidade de Palmas já passou, ou conhece alguém que passou por algum tipo de transtorno nas vias da capital, com a ineficiência do sistema de drenagem nos vários pontos da cidade.

A deficiência no manejo de águas pluviais é corrente em todo o território nacional. Os principais motivos que nos distanciam do ideal, no que se refere a drenagem urbana, são: crescimento urbano desordenado, principalmente para as áreas de escoamento natural das

águas pluviais, e a falta de visão macro no planejamento e na elaboração de um sistema de drenagem eficaz. Ambos os fatores colocados, são de responsabilidade da gestão pública das cidades, através das áreas de habitação, saneamento, e infraestrutura urbana.

Diante do apresentado, este estudo revela na sua importância acadêmica e social, o intuito de identificar pontos positivos e negativos do sistema de drenagem da avenida estudada, servindo este de exemplo para elaboração de projetos futuros para a própria cidade de Palmas e outras cidades.

Ao delimitarmos o tema deste trabalho, objetivou-se compreender e reconhecer a importância do bom funcionamento dos dispositivos de drenagem urbana presentes na avenida objeto de estudo, haja vista que a avenida LO27 corta a mais importante via arterial da capital tocantinense. Num total de 19,7 km de extensão, a avenida Teotônio Segurado é a maior avenida de Palmas e da região norte do Brasil.

Para Philippi Jr. et al (2005) é considerado como estrutura física mínima para um sistema de drenagem básico de uma cidade: ruas pavimentadas, sarjetas, meio-fios, bocas de lobo, galerias de drenagens e valas. Mas para garantir a eficiência do sistema, é necessário o bom funcionamento dos elementos interligados, além do dimensionamento correto, ainda na fase de projetos.

Portanto, ao conhecermos o funcionamento dos elementos de drenagem presentes na avenida LO27, bem como as mais eficientes e econômicas alternativas para a necessidade da via, este trabalho se apresenta com a proposta de contribuir como ponto norteador para estudos de projetos futuros de drenagem urbana, bem como para ações corretivas nos pontos críticos da cidade de Palmas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INSTITUCIONAL

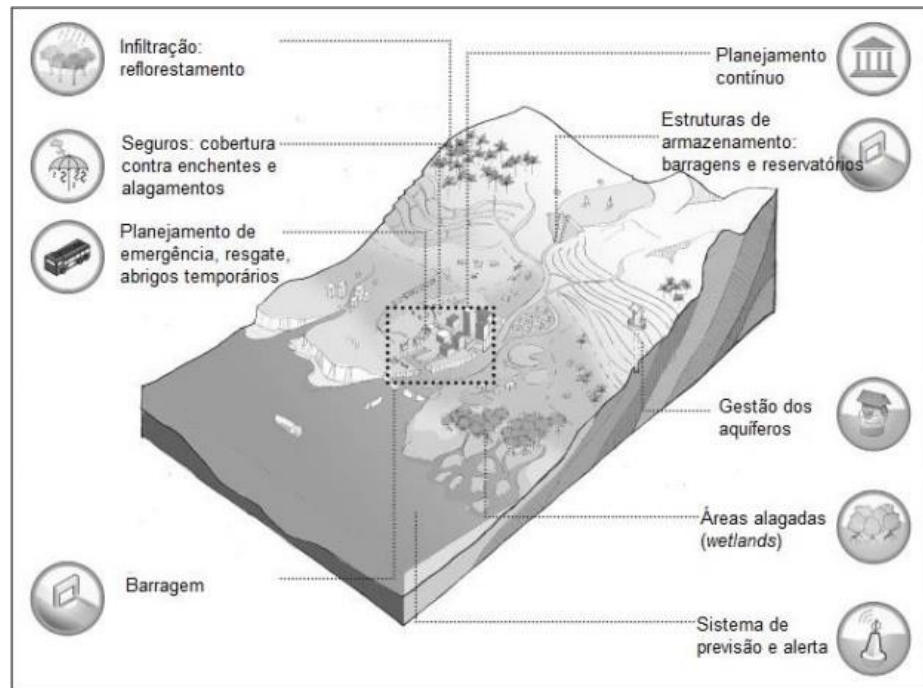
Combater os efeitos das precipitações, cada ano mais intensas, tem se tornado uma questão desafiadora para gestores públicos, uma vez que o tema trata de sérios impactos para a população, principalmente ambientais e sanitários. Para Canholi (2014) a falta de visão sistêmica no que se refere à drenagem urbana, é a principal responsável pela falta de controle das enchentes nas áreas urbanas. Desta forma, observa-se na maioria das vezes o apelo às ações corretivas onde o problema já se encontra instalado, elevando-se os custos de implantação e diminuindo a eficiência do sistema devido às dificuldades já existentes.

A mentalidade enraizada na cultura brasileira, e que é a responsável pela eleição de políticos que muitas vezes não realizam as obras necessárias para uma determinada região, optando por obras que tem mais visibilidade para as futuras campanhas políticas e que garantem a manutenção no cargo, faz parte do processo de mal gerenciamento citado por Tucci, (2003):

O gerenciamento atual não incentiva a prevenção destes problemas, já que a medida que ocorre a inundação o município declara calamidade pública e recebe recursos a fundo perdido e não necessita realizar concorrência pública para gastar. Como a maioria das soluções sustentáveis passam por medidas não estruturais que envolvem rejeição da população, dificilmente um prefeito buscará este tipo de solução porque geralmente a população espera por uma obra. Enquanto que, para implementar as medidas não estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, que politicamente é complexo a nível local. (TUCCI, 2003)

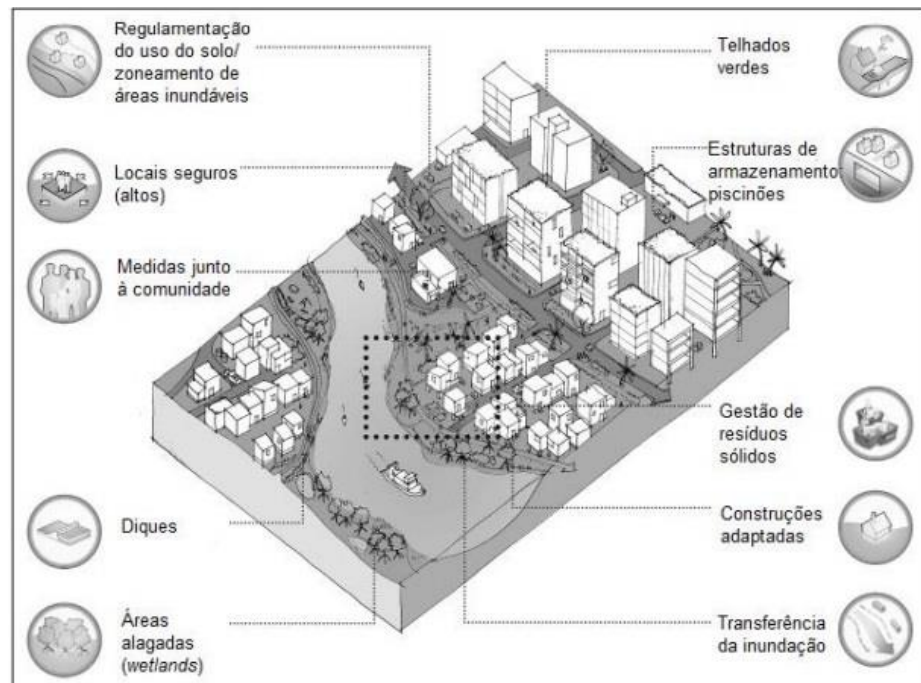
As figuras 1 e 2 apresentam as medidas estruturais e não estruturais para a gestão dos riscos relacionados à enchentes e inundações, devido à deficiências do sistema de drenagem, e agravados pelos efeitos da urbanização, na escala de bacia hidrográfica e na escala de bairro ou comunidade.

Figura 1: Medidas estruturais e não estruturais - Escala de bacia hidrográfica.



Fonte: BARKER, 20?? *apud* PONTREMOLEZ, 2013.

Figura 2: Medidas estruturais e não estruturais - Escala de bairro ou comunidade.



Fonte: BARKER, 20?? *apud* PONTREMOLEZ, 2013.

Entende-se como medidas não estruturais, aquelas que não dependem de obras para reduzir os danos e consequências das inundações. Normas, programas e regulamentos são alguns exemplos. Outro forte exemplo é o disciplinamento do uso e ocupação do solo em cada cidade. O contrário são as medidas estruturais no controle de enchentes, que estão diretamente relacionadas à construção de obras de engenharia, segundo Canholi (2014).

Como elucidado por Tucci (2003), muitas medidas sustentáveis não estruturais possuem pouca aceitabilidade por parte da população, pois sempre se opõe aos interesses de uma parte da mesma, criando uma barreira para o poder público que geralmente busca a aceitação dos eleitores, e não a solução do problema público.

Ainda sobre o aspecto institucional, sabe-se que a gestão e o gerenciamento da drenagem urbana não é competência apenas de um órgão, ou de uma empresa que apresente autonomia administrativa e financeira, como ocorre com o abastecimento de água e esgoto sanitário, constituindo assim a fragilidade político-institucional no contexto da administração municipal (ESTUDOS TÉCNICOS PARA O PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PALMAS, 2013)

No município de Palmas, o gerenciamento da drenagem urbana fica sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de infraestrutura e Serviços Públicos através da Superintendência de obras. Ele é estruturado pela Diretoria Geral de Planejamento de Obras e Diretoria de Obras Viárias. (Ibid)

A parte de manutenção, limpeza e conservação das estruturas de drenagem (ex: bueiros, valas, canais, bocas de lobo) são atividades de competência da Diretoria de Manutenção Viária, Logradouros e Equipamentos fornecendo os equipamentos e mão de obra necessários.

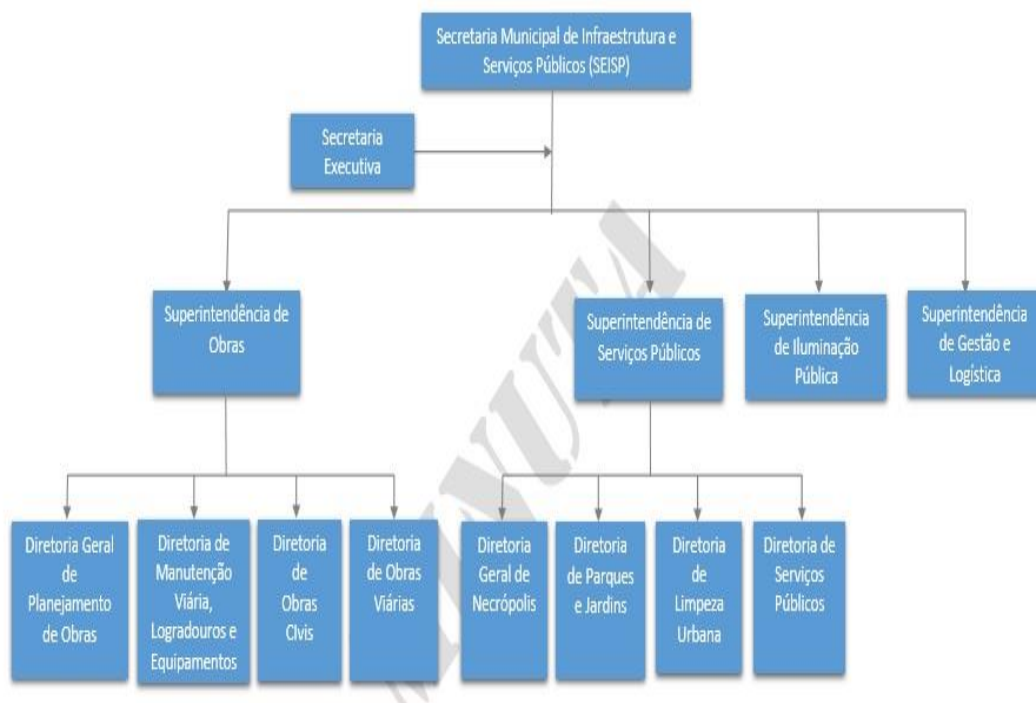
Sobre o planejamento e projetos, a Diretoria Geral de Planejamento de Obras é o setor responsável, assim como a Diretoria de Obras viárias responde pela execução dessas obras.

Dentro do contexto da Lei do Saneamento (Lei 11.445/2007) requer-se o cumprimento do Poder Público Municipal para o setor de drenagem urbana, haja vista que este setor passa a ser um componente do saneamento básico, como abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, exigindo dos

gestores públicos e profissionais do setor o estabelecimento de uma visão integrada dos processos de desenvolvimento que levam a urbanização, uso e ocupação do solo e suas inter-relações com o manejo das águas pluviais nos municípios. (Ibid)

A figura 3 apresenta o organograma referente à gestão e gerenciamento da drenagem urbana pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços públicos.

Figura 3: Estrutura organizacional da gestão e gerenciamento do setor de drenagem urbana de Palmas



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas, 2013.

2.2 MEIO AMBIENTE

O problema público, social e econômico da drenagem urbana no Brasil, bem como do saneamento básico, é também um problema grande problema ambiental, causador do desequilíbrio citado na constituição federal do Brasil, de 1988:

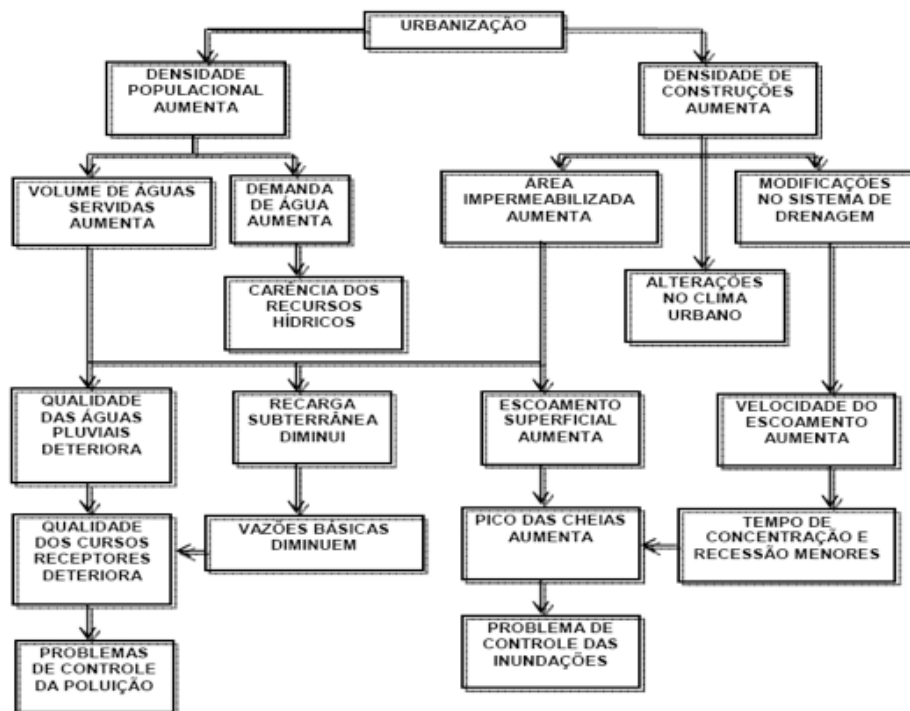
Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988, art. 225).

É inevitável, com o aumento da ocupação do solo, a impermeabilização de grandes territórios, devido aos avanços das construções, da execução de calçadas e da pavimentação de ruas.

Segundo dados fornecidos pelo IBGE, em 2010 houve um aumento na urbanização dos municípios do país, onde a população que vive nas áreas urbanas saltou de 81,2% em 2000, para 84,4% em 2010, facilitando os impactos ambientais exercidos no ciclo hidrológico das cidades. Esse crescimento na urbanização das cidades refletem outros dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), que apurou que, 40,87% dos municípios no Brasil sofreram inundações ou alagamentos nos últimos 5 anos, causando o desequilíbrio ambiental, contrariando a garantia da constituição federal ao cidadão brasileiro.

Segundo Tucci *et al* (2000 p.16) “à medida que a cidade se urbaniza, ocorre o aumento das vazões máximas (em até 7 vezes) devido à impermeabilização e canalização. Verificam-se também que a rede de drenagem natural é alterada, vindo a ser substituída por estruturas artificiais, além de mudanças de microclima local, facilmente notada. Essas alterações provocam o aumento do volume escoado de águas pluviais, gerando um dos maiores problemas hidrológicos: o controle de enchentes.

Figura 4: Processo de urbanização



Fonte: Hall, 1984 apud Tucci, 2004

É importante lembrar ainda, que as mudanças climáticas sofridas em todo o mundo afetam diretamente a intensidade das precipitações. O que se observa é que, mesmo os sistemas de drenagem que antes eram funcionais, com as alterações nas intensidades de chuvas passaram a ser deficientes. O fato observado, torna-se uma variável a mais a ser inserida nos projetos de drenagem urbana, e rodoviária.

Para Viola (2008), o mau gerenciamento das águas pluviais, podem causar impactos negativos ao ecossistema urbano, como a desestabilização do regime de escoamento, desequilíbrio da fauna e da flora, enchentes, proliferação de doenças, perdas materiais e de vidas, além dos impactos econômicos a uma cidade, devido à interrupções das atividades.

2.3 HIDROLOGIA

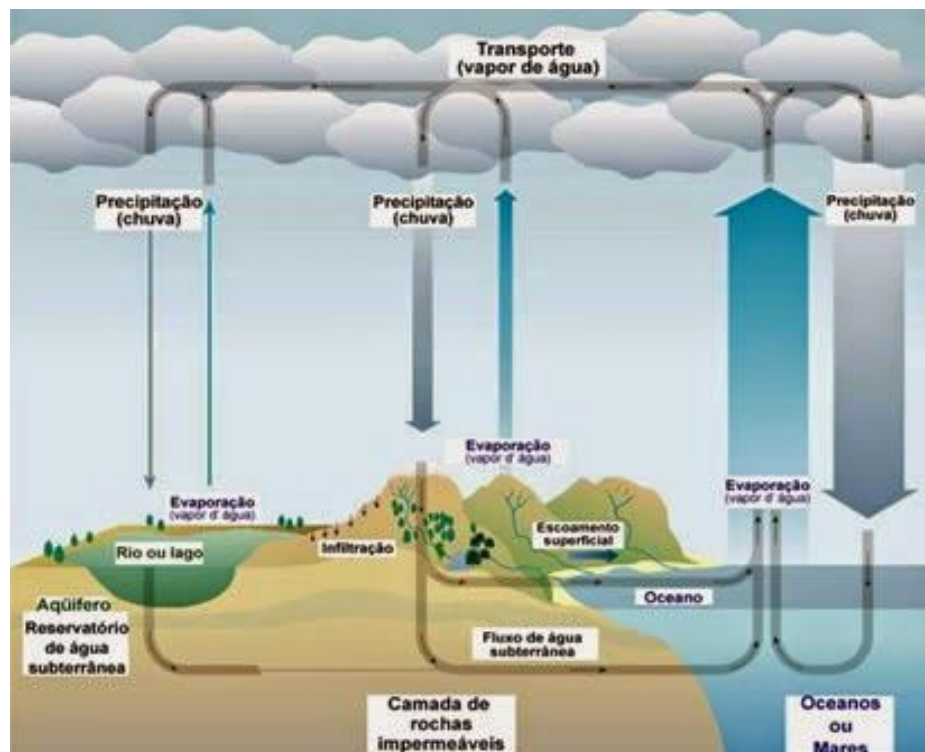
Hidrologia é a ciência que estuda as propriedades químicas, físicas, circulação, ocorrência, distribuição, e características das diversas formas de água existentes na superfície terrestre, bem como a sua interação com o meio ambiente.

O estudo da hidrologia pode ser dividido em três ramos, segundo Garcez (1974): água atmosférica; água superficial; e água subterrânea, de acordo com as diferentes formas de ocorrência da água.

Como simples definição, tem-se que, o ciclo hidrológico é o processo contínuo em que o volume total de água do planeta não diminui e nem aumenta, mas sofre mudanças de estado. As principais etapas do ciclo hidrológico são: Precipitação, escoamento subterrâneo, evaporação e deflúvio.

Como exemplificado na figura 5, o ciclo pode ser explicado da seguinte forma: a incidência de calor, proveniente da radiação solar faz com que haja a evaporação de superfícies líquidas, como rios, lagos e oceanos e a transpiração dos vegetais e animais. A água evaporada acumula-se em forma de vapor na atmosfera, até que haja o seu resfriamento, realizando o fenômeno da precipitação sobre a superfície terrestre e oceanos. O volume precipitado sobre o solo tende a infiltrar e abastecer o lençol freático, ou escoar superficial ou subterraneamente até o deságue em lagos, rios ou oceanos, voltando a evaporar para dar continuidade ao ciclo. Salienta-se que, quanto maior for a infiltração e retenção das águas precipitadas, menor o escoamento superficial, e conseqüentemente menor o risco de inundações e enchentes.

Figura 5:Ciclo Hidrológico



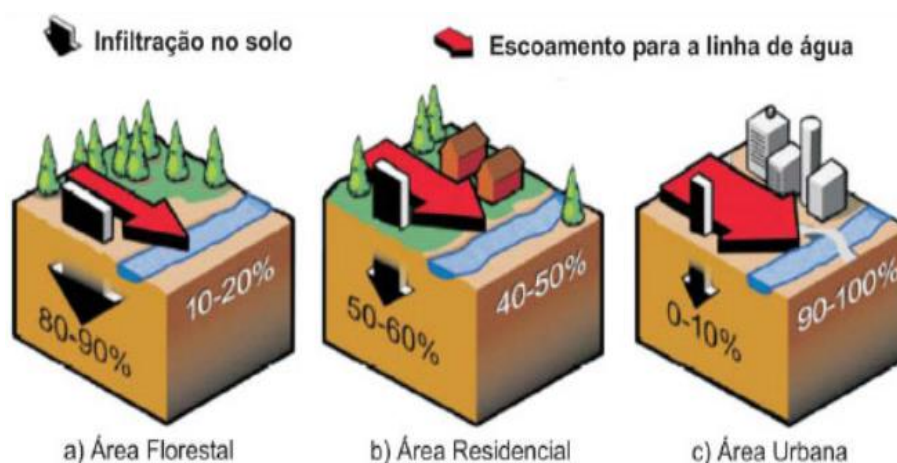
Fonte: Serviço Geológico do Brasil - Ciclo Hidrológico.

Através do ciclo hidrológico é feita a reposição do fluxo de água nos rios, lagos e aquíferos subterrâneos, fontes indispensáveis para o abastecimento de água doce no mundo. Mas os fatores climáticos, geológicos e outros relativos ao uso do solo que são responsáveis

pela distribuição desigual da chuva em todo o planeta, e de forma irregular ao longo do ano. (VIOLA, 2008)

Observa-se assim, que o mal gerenciamento das águas pluviais juntamente com os avanços da urbanização, são responsáveis pelas mudanças no ciclo hidrológico urbano ao redor do mundo, uma vez que este tem relação direta com o uso do solo, cada vez mais impermeabilizado.

Figura 6: Mudanças hidrológicas decorrentes ao desenvolvimento



Fonte: SOUSA, 2012

Não somente no Brasil mas também em outros países, além da impermeabilização, outro efeito da urbanização tem sido a ocupação das várzeas dos rios, que passam a ser incorporados ao sistema viário por meio de “vias de fundo de vale” – que acabam por atrair ocupação intensa. Para permitir que vias marginais sejam construídas sobre os meandros antigos, muitos córregos são retificados, e a céu aberto são canalizados ou enterrados em galerias. Ou seja, as várzeas, sazonalmente sujeitas ao alagamento, são suprimidas, provocando além da aceleração dos escoamentos, o aumento dos picos de vazão, e muitas vezes inundações (CANHOLI, 2005 *apud* PONTREMOLÉZ, 2013)

2.3.1 PRECIPITAÇÕES

A formação da precipitação acontece em razão da condensação do vapor d’água atmosférico, consequência do seu resfriamento ao ponto de saturação Garcez (1974).

Geralmente no Brasil, as precipitações se apresentam em forma de chuva, mas em alguns lugares e em determinadas épocas do ano, o resfriamento das massas de ar chegam ao ponto de congelamento, fazendo com que ocorra a queda de granizo ou de neve. Além desses,

existem outros tipos de precipitações, como: neblina, orvalho, geada e saraiva. Para a hidrologia, apenas a chuva e neve é dada maior relevância, sendo que a chuva é o principal elemento dos projetos de drenagem.

Para Festi (sem data):

O conhecimento do comportamento dos picos das chuvas em diferentes regiões do Brasil, assim como de outros países, torna-se importante no projeto e planejamento do sistema de drenagem urbana. Inúmeros são os sistemas computacionais hoje utilizados pelos profissionais, a maioria deles de origem de países estrangeiros. Será de suma importância ao profissional que utiliza estes sistemas o conhecimento do comportamento dos eventos de chuvas de diversas regiões brasileiras. (FESTI, sem data, p.1)

Existem três classificações de tipos de chuvas, que são: tipo frontal, tipo orográfico e tipo convecção térmica.

Segundo Ayoade (2001), a precipitação do tipo frontal, ou ciclônica é causada por um movimento de interação vertical de massas de ar quente e fria e é associada com sistemas de baixa pressão, como as depressões. Moderadamente intensa, contínua e tende a afetar áreas muito extensas à medida que a depressão se desloca, e podem produzir cheias em grandes bacias.

A precipitação orográfica é caracterizada pela sua formação muito ligada à elevação do ar úmido sobre o terreno elevado. As massas de ar quente que saem do oceano em direção ao continente trazem consigo a umidade proveniente do mar. Ao chegarem à superfície e encontrarem terrenos com alto relevos, essas massas se elevam como se fossem superar as barreiras naturais do alto relevo. Dessa forma, elas são resfriadas e sofrem a condensação, formando nuvens e chuvas com menos intensidade, porém de grande duração e em pequenas áreas (OLIVEIRA, 2007 apud VIOLA, 2008).

Já as chuvas convectivas são formadas a partir do aquecimento do ar úmido próximo ao solo. Após, a massa de ar quente e úmido, se resfria em determinada altura, e o vapor d'água presente é condensado, ocorrendo assim a precipitação. Geralmente são chuvas de forte intensidade, pequena duração e atingem pequenas áreas. Responsável por grande parte das enchentes urbanas, esse tipo de chuva é mais frequente em regiões equatoriais, devido aos ventos mais brandos e à movimentação do ar, que geralmente é normal à superfície (Ibid).

2.3.1.1 INTENSIDADE DAS CHUVAS

A intensidade de chuva é a quantidade precipitada em um determinado tempo, ou seja, é a velocidade com que uma determinada quantidade de chuva cai.

A intensidade (i), pode ser obtida com a seguinte relação: $i=P/t$, e geralmente expressa em mm/h ou mm/min.

Em geral, emprega-se em hidrologia a equação de intensidade:

I

$$i = \frac{C}{(t + t_o)^n}$$

Onde:

i = intensidade máxima média (mm/min) para duração t ;

t_o , C e n = parâmetros a serem determinados.

O parâmetro C é definido como período de retorno t , obtido pela seguinte relação:

II

$$C = KT^m$$

Desta forma, a equação mais utilizada de intensidade máxima média é definida por:

III

$$i = \frac{K.Tr^m}{(c+td)^n}$$

Onde:

- i é a intensidade de chuva máxima mm/min;
- T é o tempo de Retorno em anos;
- Td é a duração da chuva, em minutos;
- K , c , m e n são parâmetros de ajuste, variando de acordo com o local.

2.3.1.2 ALTURA PLUVIOMÉTRICA

Garcez (1974, p.3), define altura pluviométrica (h) como a “quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal”.

O equipamento mais usual para aferição da altura pluviométrica é o pluviômetro. Esse equipamento de a capacidade de armazenar uma certa quantidade de água da chuva, impedindo que ela evapore. O pluviômetro possui ainda uma graduação, em forma de régua

entre a borda superior e inferior, para se obter precisão nos dados coletados. Através do volume coletado e da área do coletor, e utilizando métodos matemáticos, obtêm-se a precipitação em mm/dia.

2.3.1.3 DURAÇÃO

A duração (t) é o intervalo de tempo compreendido entre o início e o cessamento de uma precipitação. Usualmente, é medido em minutos, através de qualquer equipamento capaz de cronometrar o tempo.

2.3.1.4 FREQUÊNCIA

Garcez (1974, p.3) diz que, “A frequência de uma precipitação é o número de ocorrências de uma dada precipitação (h, t), no decorrer de um intervalo de tempo fixado”.

A frequência pode ser ainda definida pelo período de ocorrência, ou seja, intervalo em que uma dada precipitação (h, t) pode ser igualada ou ultrapassada ao menos uma vez. (Ibid)

2.3.1.5 VAZÃO

Entende-se por vazão o volume que escoar por uma determinada seção transversal, em uma determinada unidade de tempo. Ou seja, vazão é a rapidez com que o volume escoar. A seção transversal pode ser de: conduto forçado (tubulação com pressão positiva ou negativa), ou de um conduto livre (canal, rio, ou tubulação com pressão atmosférica).

O método *Racional* é o mais utilizado para estimativa da vazão máxima de projeto de pequenas bacias. Utiliza-se para isso a intensidade de precipitação, área da bacia, e o coeficiente de perdas.

A equação para o método racional é:

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

IV

Onde:

- $Q_{\text{máx}}$ é a vazão máxima do evento em m^3/s ;
- C é o coeficiente de escoamento superficial;
- I é a intensidade da precipitação em mm/h ;
- A é a área da bacia em Km^2 .

2.3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

De acordo com Pinto e Pinheiro (2006) a bacia hidrográfica pode ser definida por um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. O entendimento de bacia hidrográfica contempla a existência de divisores de água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, nascentes, cabeceiras, etc.

Ao se estudar uma bacia contribuinte, objetiva-se conhecer as características e diversas influências relativas a:

- a) forma geométrica – Torna cada bacia individual;
- b) Relevo – relativo à declividade do curso d'água, declividade da bacia;
- c) geomorfologia – Fornece uma visão da região, quanto à estrutura e forma do relevo existente.

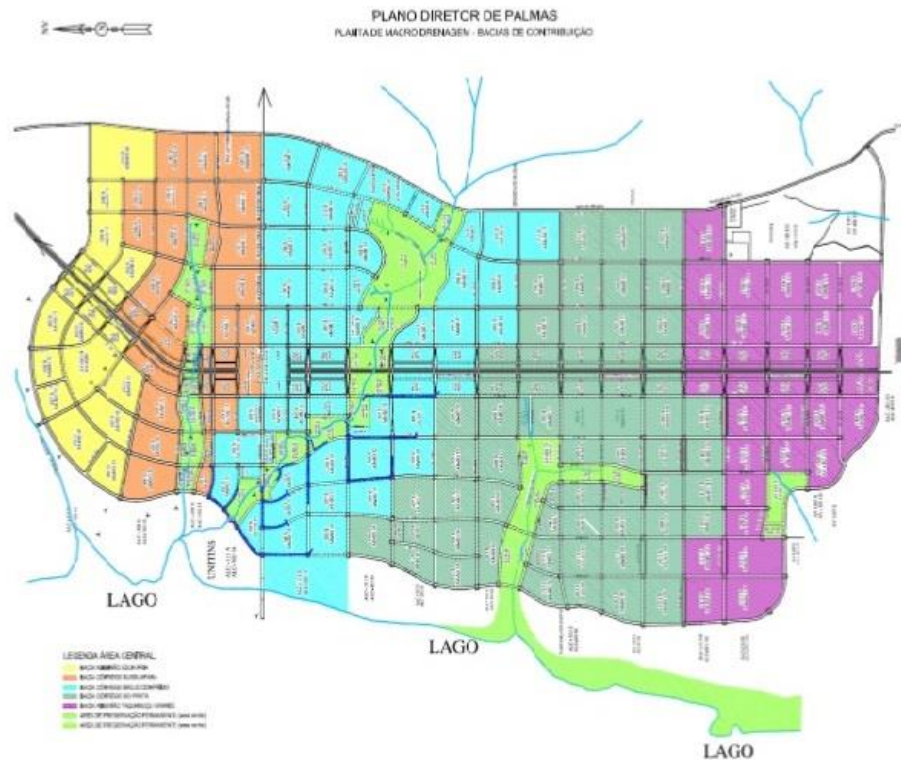
Segundo Pinto e Pinheiro (2006), essas características intervêm de maneira fundamental nas vazões de estiagem alimentadas pelos lençóis e nas enchentes. Ainda segundo os autores, alguns importantes elementos fundamentais para o estudo da bacia são extraídos das características geomorfológicas e geológicas, que possibilitam a determinação da parcela de chuva que escoar sobre a superfície do solo, a qual deverá ser devidamente captada e conduzida ao seu destino final.

Há ainda variáveis que influenciam no comportamento das precipitações e nas bacias:

- *Cobertura Vegetal* – A densidade da vegetação tende a fornecer infiltrações mais rápidas, protegendo o solo de erosões.
- *Uso da terra* – A impermeabilização do solo, provocada pelos avanços urbanos agem na redução da capacidade de infiltração do solo.

Para Pinto e Pinheiro (2006), as características de cada bacia são completamente individualizadas, tornando necessário, portanto, o estudo de cada situação específica, de forma que se conheça as diversas influências e, conseqüentemente, que se consiga determinar as vazões geradas.

Figura 7: Bacias Hidrográficas de Palmas



Fonte: Secretaria de Infraestrutura de Palmas, 2003

2.4 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

Para Canholi (2014), um sistema de drenagem compreende o funcionamento integrado de dispositivos. Entre os mais comuns, lista-se:

- Boca de lobo;
- Sarjeta;
- Meio Fio;
- Poço de visita
- Galeria pluvial

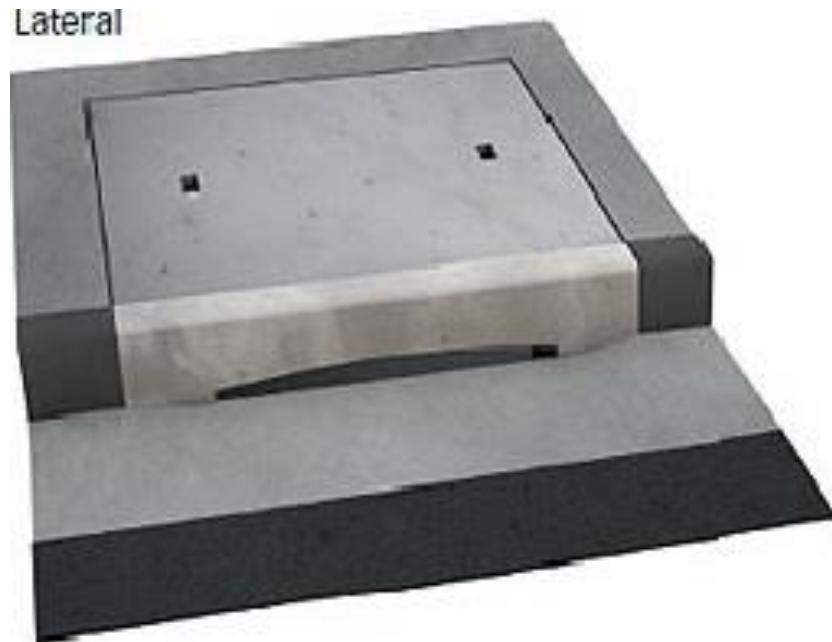
2.4.1 BOCA DE LOBO

O Manual de Drenagem do DNIT, (2006) classifica as bocas de lobo como dispositivos que exercem a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas e conduzi-las às galerias subterrâneas.

Podem ser classificados em quatro tipos:

- Boca de lobo simples ou Lateral – Abertura no meio-fio, e a caixa coletora fica situada sobre o passeio;

Figura 8: Boca de lobo simples, ou lateral.



Fonte: Infraestrutura urbana - Bocas de lobo, 2011.

- Boca de lobo com grelha – Possui caixa de coleta situada sob a faixa de sarjeta;

Figura 9: Boca de lobo grelha.



Fonte: Infraestrutura urbana - Bocas de lobo, 2011.

- Boca de lobo combinada – Combinação da boca de lobo simples juntamente com a grelha.

Figura 10: Boca de lobo combinada.



Fonte: Infraestrutura urbana - Bocas de lobo, 2011.

- Boca de lobo Múltipla – Bocas de lobo combinadas duplas, ou triplas

Figura 11: Bocas de lobo Múltiplas.



Fonte: Infraestrutura urbana - Bocas de lobo, 2011.

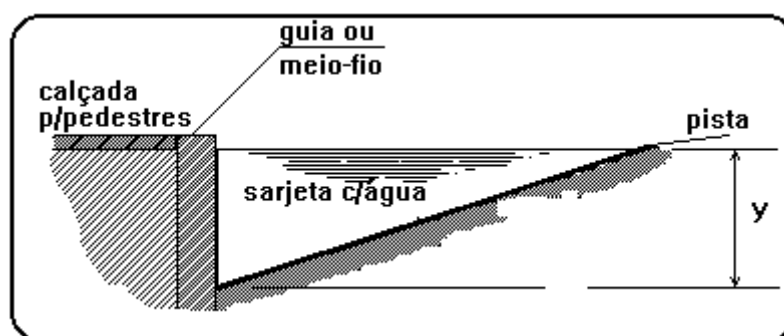
O manual de drenagem do DNIT (2006), lembra que as bocas de lobo devem ser localizadas a montante das curvas dos meio-fios em cruzamentos, em pontos intermediários e

pontos mais baixos segundo as necessidades de captação das águas pluviais, e que o espaçamento é função hidráulica da sarjeta e da sua capacidade de engolimento.

2.4.2 SARJETA

Outro dispositivo essencial em projetos de drenagem é a sarjeta, definida pelo Manual de drenagem do DNIT (2006) como elementos responsáveis por conduzir as águas precipitadas sobre a via e áreas adjacentes ao ponto de captação, normalmente é uma boca de lobo. O manual diz ainda que, a capacidade de esgotamento das bocas de lobo, localização e espaçamento, dependem da altura d'água no trecho da sarjeta situada a montante da boca de lobo, ou seja, da capacidade de vazão da sarjeta.

Figura 12: Sarjeta



Fonte: Aquafluxus, 2013¹

1 - Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/na-sarjeta/>. Acesso em: 19 abr 2017

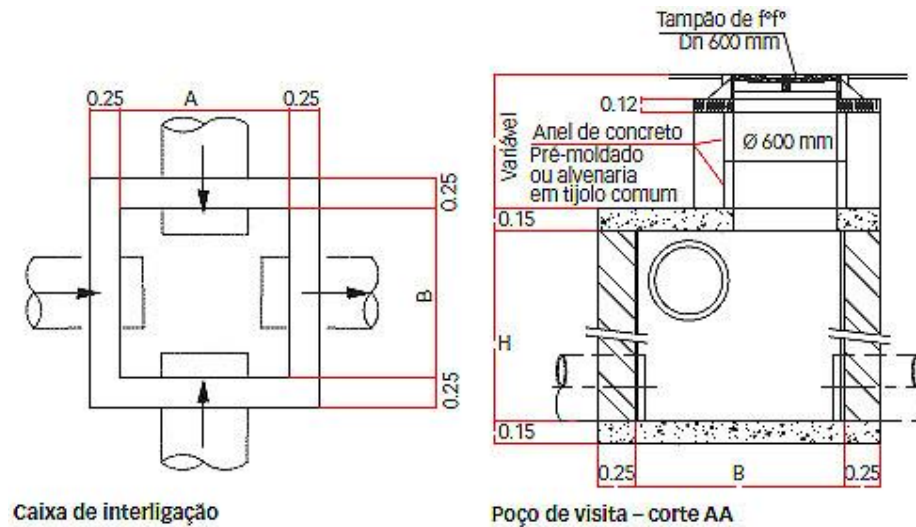
2.4.3 MEIO-FIO

Tucci, et al (1995) diz que os meio-fios são elementos de pedra ou concreto, geralmente colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com a sua face superior no mesmo nível do passeio

2.4.4 POÇO DE VISITA

Tucci, et al (1995) classifica poço de visita como sendo um dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias que permitem mudanças de direção, mudanças de declividade, mudança de diâmetro e limpeza e inspeção da canalização de águas pluviais.

Figura 13: Poço de visita - Projeto executivo.



Fonte: Infraestrutura Urbana - Drenagens de lotes urbanos, 2011.

Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220132-2.aspx> . Acesso em 19 abr 2017.

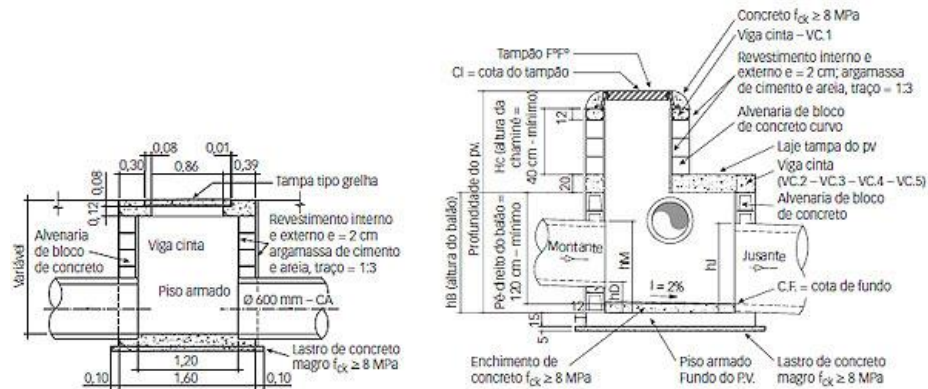
2.4.5 GALERIAS PLUVIAIS

Sistema de dutos subterrâneos, responsável pelo recebimento das águas pluviais coletadas por outros dispositivos de drenagem, e por despejar todo o volume em um ponto final, geralmente córregos, rios, lagos, mares.

Pita (2011), defende que:

A impermeabilização dos solos em áreas urbanas deve andar junto de projetos de galerias de águas pluviais. Isso porque o asfalto é rapidamente deteriorado quando as águas das chuvas correm por sobre ele cotidianamente. As galerias também evitam enchentes em áreas de acúmulo de água nas vias e organizam a vazão até o corpo receptor córregos, rios, mares. (PITA, 2011).

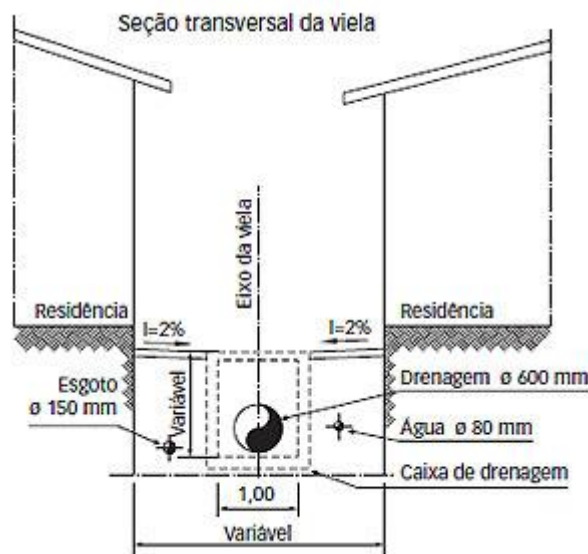
Figura 14: Projeto executivo de galeria pluvial.



Fonte: Infraestrutura Urbana, 2011

Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/galeria-de-agua-pluvial-os-detalhes-tecnicos-do-projeto-245146-1.aspx> Acesso em: 19 abr 2017.

Figura 15: Galeria Circular em corte.



Fonte: Infraestrutura Urbana, 2011

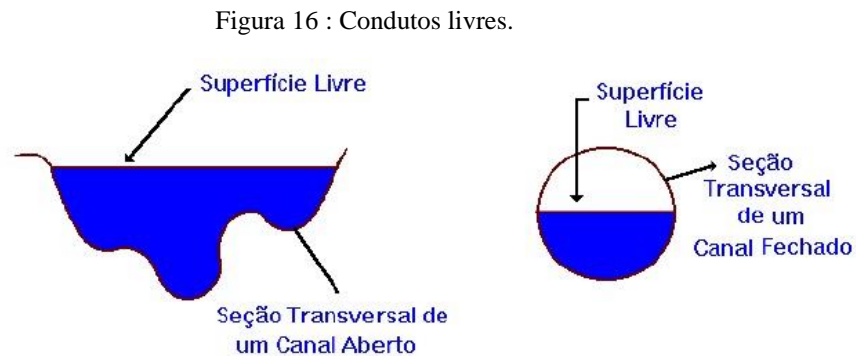
2.5 CONDUTOS LIVRES

Segundo Azevedo Netto et al (1998), os condutos livres, em pelo menos um ponto da seção transversal de escoamento estão sujeitos à pressão da atmosfera. Os condutos, também chamados de canais apresentam ainda uma superfície livre em contato com a atmosfera.

Para Azevedo Netto et al (1998), são considerados como condutos livres, ou canais, todos os condutos que através de uma superfície livre, com seção aberta ou fechada conduzem águas. Além dos rios e canais, que funcionam como condutos livres, cita-se também os

coletores de esgotos, as galerias de água pluvial, os túneis-canais, canaletas, calhas, entre outros.

A figura abaixo elucida os dois tipos de condutos livres, o aberto (esquerda) e o de seção fechada (direita).



Fonte: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula1_unidade3.htm . Acesso em 16 de maio de 2017.

- Seção Transversal (S): área escavada para construção do canal;
- Área Molhada (A): Seção transversal perpendicular à direção a qual a água escoar, podendo variar de acordo com a vazão que alimenta o canal;
- Perímetro Molhado (P): linha que limita a seção molhada das paredes ao fundo do canal;
- Largura Superficial (B): Largura da superfície em contato com a atmosfera;
- Profundidade Hidráulica (Y_h): Área molhada dividida pela largura superficial;
- Raio hidráulico (R_h): Relação entre área e perímetro molhado.

2.6 TRATAMENTO DE DADOS

Para o estudo hidrológico para elaboração de projeto de drenagem, é necessária a coleta de dados hidrológicos, e em alguns casos o tratamento desses dados se faz necessário. Dentre as medidas de tendência mais usuais para esse tipo de estudo, algumas serão citadas a seguir.

2.6.1 MÉDIA ARITMÉTICA

Ferrari (2004) diz que a média aritmética é o quociente entre a soma dos valores de uma variável pelo número de valores.

$$m\u00e9dia = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2.6.2 MEDIANA

Ferrari (2004) define Mediana como o valor que divide a s\u00e9rie em dois conjuntos com o mesmo n\u00famero de valores, ou seja, \u00e9 o valor localizado no meio da distribui\u00e7\u00e3o dos dados. Desta forma, sabe-se que metade dos dados s\u00e3o maiores ou iguais a mediana, e os outros 50% dos dados s\u00e3o inferiores ou iguais \u00e0 mediana.

Para an\u00e1lise, usa-se as regras;

- Se o n\u00famero de amostras (n) for \u00edmpar, usa-se o valor localizado ao meio;
- Se o n\u00famero de amostras (n) for par, o valor usado ser\u00e1 a m\u00e9dia dos dois valores centrados.

2.6.3 MODA

A moda (M_o) \u00e9 definida por Ferrari (2004) como o valor que ocorre com mais frequ\u00eancia na distribui\u00e7\u00e3o dos dados.

Ex: Considerando a distribui\u00e7\u00e3o de dados: 100, 90, 110, 100, 2500.

A moda \u00e9 o valor que com mais frequ\u00eancia aparece, ou seja $M_o = 100$

2.6.4 DESVIO PADR\u00c3O

Para determinar a dispers\u00e3o de uma s\u00e9rie de dados pode-se usar a soma dos desvios dos valores em rela\u00e7\u00e3o a m\u00e9dia dividida pelo n\u00famero de valores, obtendo assim a m\u00e9dia dos desvios (FERRARI, 2004).

Como a vari\u00e2ncia envolve a soma de quadrados, diferentemente das unidades dos dados, para que se tenha um resultado da dispers\u00e3o dos dados nas mesmas unidades de medida tiramos a raiz quadrada da vari\u00e2ncia, obtendo o desvio padr\u00e3o por:

$$S = \sqrt{\sum \frac{(x_i - m\u00e9dia)^2}{n - 1}}$$

3 METODOLOGIA

3.1 LEVANTAMENTO EM CAMPO DOS PONTOS CRÍTICOS

O levantamento foi realizado in loco durante algumas das chuvas ocorridas no período de janeiro à março de 2017, na avenida LO27 da cidade de Palmas - TO. Através de registros fotográficos, foram identificados os pontos críticos onde há empoçamentos de água, causadores de transtornos na via.

Figura 17:Localização da Avenida LO-27



Fonte: Google Maps

3.2 ELABORAÇÃO DE ESTUDO HIDROLÓGICO

Através da coleta de dados, junto à secretaria da infraestrutura e do site da Ana, será feita a caracterização das bacias, bem como a caracterização topográfica da avenida objeto do estudo. Mapas disponibilizados pela secretaria de infraestrutura da prefeitura de Palmas também serão utilizados na caracterização física da avenida e da bacia como um todo, afim de se obter características como: Tipo de relevo, localização, ocupação do solo e cobertura vegetal presente na bacia.

Figura 19: Página da ANA na web.

The screenshot shows the ANA website homepage. At the top, there is a navigation bar with the ANA logo and several menu items: 'Acesso à Informação ANA', 'Institucional', 'Serviços', 'Documentação', 'Projetos', 'Portais', 'Imprensa', and 'Fale Conosco'. A search bar is located on the right side of the navigation bar. Below the navigation bar, there are several news articles and promotional banners. A red circle highlights the 'Serviços' menu item in the top navigation bar.

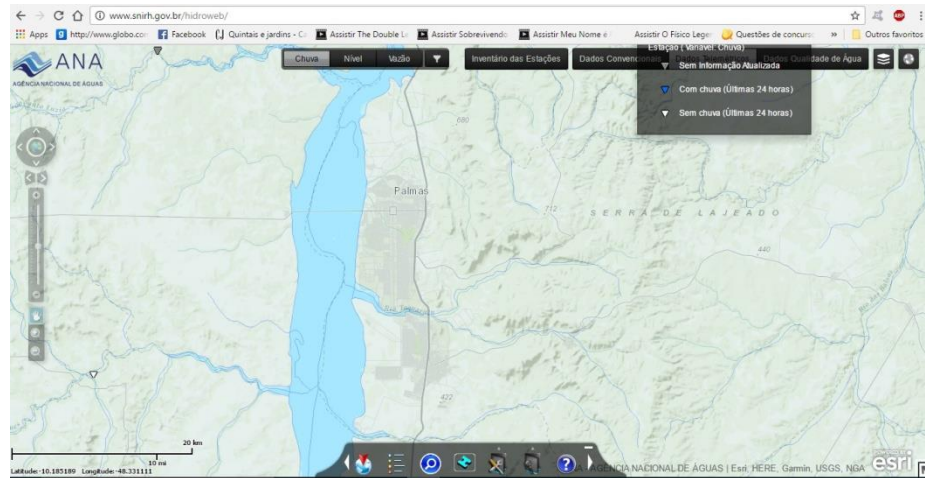
Fonte: <http://ana.gov.br/>

Figura 20: Caminho para obtenção dos dados, através da página da ANA.

The screenshot shows the ANA website page for 'Dados Hidrológicos em Tempo Real'. The breadcrumb navigation path 'Serviços > Informações Hidrológicas' is circled in red. Below the breadcrumb, the title 'Dados Hidrológicos em Tempo Real' is also circled in red. The page content includes a description of the real-time hydrological monitoring system and a list of related programs like 'PROGESTÃO', 'ATLAS Brasil', 'Capacitação para o SINGREH', 'Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil', 'PNQA', and 'PRODES'.

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

Figura 21: Novo Hidro - Plataforma de pesquisa dos dados hidrológicos.



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

3.3 LEVANTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EXISTENTE

O levantamento será realizado em campo, ao longo da avenida LO 27 e das ruas contribuintes, objetivando levantar os dispositivos de drenagem existentes, bem como a eficiência de cada um. Além do levantamento em campo, junto a Secretaria de Infraestrutura de Palmas será importante ter acesso aos projetos da drenagem já existente e dos projetos que ainda serão executados, assim como todo e qualquer conteúdo relevante para a caracterização da bacia, coletado pela equipe técnica da prefeitura.

3.4 ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO

Após estudos e análises da região, bem como a caracterização da mesma e com apoio bibliográfico, será elaborado um projeto básico que possa contribuir para a solução dos problemas de inundação existente na avenida LO27, visando sempre a alternativa mais eficiente, e viável técnica e economicamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO HIDROLÓGICO

A partir do acervo bibliográfico que trata dos principais pontos de estudo, para a elaboração de projeto básico de drenagem urbana, como por exemplo o estudo hidrológico, estudo topográfico, e métodos de dimensionamento, realizou-se a seleção dos dados de chuva para a cidade de Palmas, bem como o tratamento desses dados para o estudo e compreensão dos efeitos da chuva sobre a cidade. Para isso, foram utilizados do banco de dados da INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - todas as informações necessárias para o estudo hidrológico de Palmas.

Desta forma, foram aproveitados dados de chuva da cidade de Palmas referente aos dez últimos anos, conforme tabela 1.

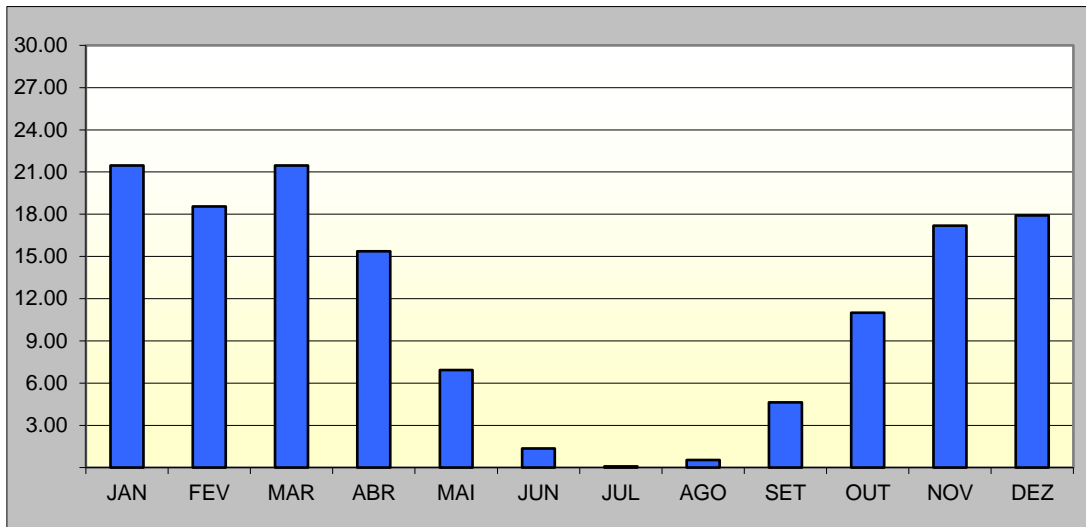
Tabela 1: Precipitação máxima para os últimos 10 anos de Palmas.

ANO	P MÁX (mm)	ano	P MÁX (mm)
2007	84,00	2012	91,00
2008	94,80	2013	96,10
2009	91,50	2014	116,20
2010	156,50	2015	61,30
2011	68,00	2016	72,10

Fonte: dados do INMET.

A capital tocantinense possui o período de chuvas bem marcado, sendo que de outubro a abril chove mais e com mais intensidade, enquanto que nos meses entre abril e outubro as chuvas são mais escassas, e quando chove, as precipitações oferecem baixa intensidade. Em média, chove-se próximo dos 1800mm por ano em Palmas, em uma média de 138 dias em que há a ocorrência de precipitação, para o intervalo de um ano. Os dados levantados revelam ainda, que em média, chove-se em Palmas próximo de 20mm/dia nos meses mais chuvosos, enquanto que no mês de julho dificilmente ocorre um evento de chuva, dando ideia de como as estações, chuvosa e seca, são bem definidas.

Tabela 2: Distribuição das chuvas no ano.



Fonte: Próprio autor.

4.1.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA

Para o estudo do projeto proposto, usou-se o tempo de recorrência de 50 anos, conforme orientações do manual de hidráulica do DNIT. A Adoção de 50 anos como período em que uma determinada precipitação é igualada ou excedida foi adotada pensando-se na segurança, mobilidade no tráfego, preservação das obras de drenagem, no custo associado para a restauração, entre outros fatores de segurança e econômicos.

Abaixo, a equação de Intensidade, duração e frequência para a cidade de Palmas, obtida através do software que calcula as chuvas intensas pelo Brasil, *Plúvio 2.1*.

VII

$$i = \frac{5958,92 \cdot Tr^{0,173}}{(t_d + 35,301)^{1,043}}$$

Onde:

i = intensidade de chuva (mm/h);

Tr = Tempo de recorrência adotado para esse tipo de obra, 50 anos;

Td = tempo de duração da chuva;

Os resultados conhecidos pela equação são apresentados na tabela 3.

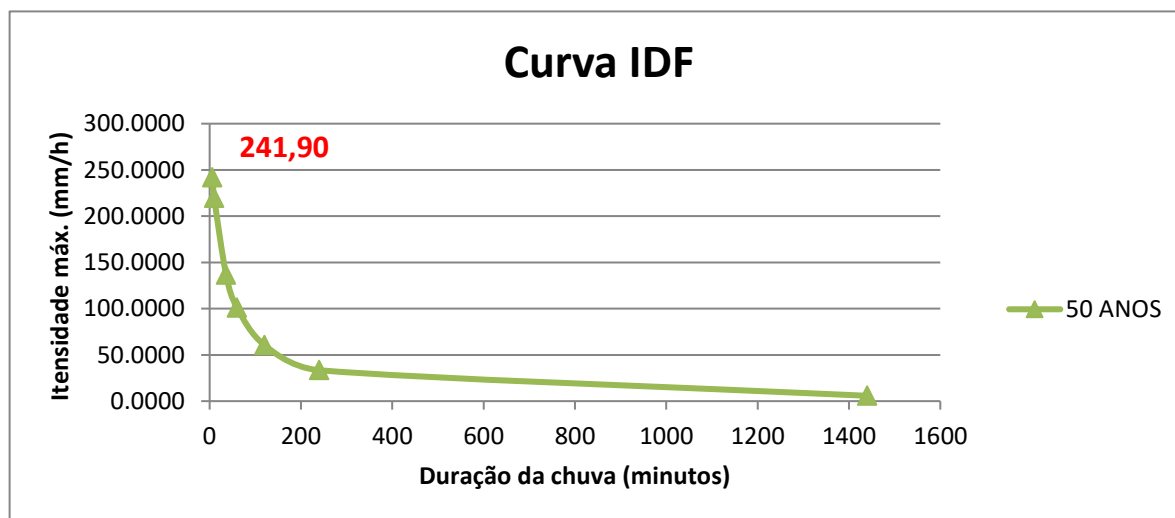
Tabela 3: Intensidade, Duração e Frequência.

Duração	Tempo de Recorrência					
	10	15	20	25	50	100
24 horas	4,39	4,71	4,95	5,15	5,80	6,55
1 hora	76,55	82,11	86,31	89,70	101,13	114,02
6 minutos	183,11	196,42	206,44	214,56	241,90	272,72

Fonte: Próprio autor.

As prováveis precipitações máximas diárias para um tempo de retorno de 50 anos, variam de 241,0 mm/h com duração de 6 minutos de chuva, até 5,80 mm/h para 24 horas de chuva, em uma probabilidade de 42,6% de ocorrência dentro do período de 50 anos. Abaixo, é apresentado gráfico com o comportamento das chuvas para seus respectivos tempos de duração e frequência.

Gráfico 1: Curva de Intensidade, Duração e Frequência.



Fonte: Próprio autor.

4.1.2 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O coeficiente de escoamento superficial “C”, também conhecido como coeficiente de deflúvio, é definido pela razão entre o volume escoado e o volume precipitado, em um determinado evento de chuva.

Para a determinação do coeficiente usado no estudo, precisou-se encontrar a média ponderada, uma vez que a ocupação da bacia se divide em áreas impermeáveis e áreas permeáveis.

Para as áreas com alta densidade de residências, consideramos 0,9 como coeficiente de *Runoff*, enquanto que para as áreas verdes e gramados consideramos 0,35 o coeficiente de escoamento superficial.

Tirando-se a média ponderada dos coeficientes sobre as respectivas áreas, encontrou-se o valor 0,72 para a determinação da vazão máxima pelo método racional.

4.2 CADASTRAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EXISTENTE E IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS

O levantamento da rede de drenagem existente foi verificado *in loco*, mas contou também com a ferramenta *Google Earth*.

Verificou-se que existe na avenida LO-27 poucos dispositivos de drenagem, sendo eles Bocas de lobo duplas e triplas, dispostas a uma distância de, em média 80 metros uma da outra, nos últimos 300 metros da avenida, antes de interceptar a Teotônio Segurado. Verificou-se ainda, que existem como em outras LO's, quedas d'água e logo em seguida uma caixa coletora, que direciona a água por uma galeria, além de alguns poços de visita, sempre próximos aos dispositivos de captação.

Figura 22: Galeria de águas pluviais com descida d'água.



Fonte: Google Earth.

Pode-se notar com facilidade que o sistema de drenagem executado não é suficiente para o volume de água escoado superficialmente pela LO-27, tendo como áreas de contribuições parte das quadras que circundam a avenida, além das avenidas NS-02, NS-04 e

NS-10. A imagem 23, capturada no início do ano na via mostra a forte ação da água no trecho sobrecarregado.

Figura 23: Ação da enxurrada na via, danificando o meio fio na rotatória.



24Fonte: Próprio Autor.

A ausência de um número maior de Bocas de lobo, trincheiras de infiltração, sarjetas, ou outros dispositivos de drenagem faz com que a avenida Teotônio Segurado passe a funcionar como ponto exutório de toda a área, sobrecarregando os dispositivos ali presentes, que por sua vez tem o seu desempenho reduzido. Por consequência, tem-se um grande problema de mobilidade urbana, como o empoçamento de água nesse curto trecho.

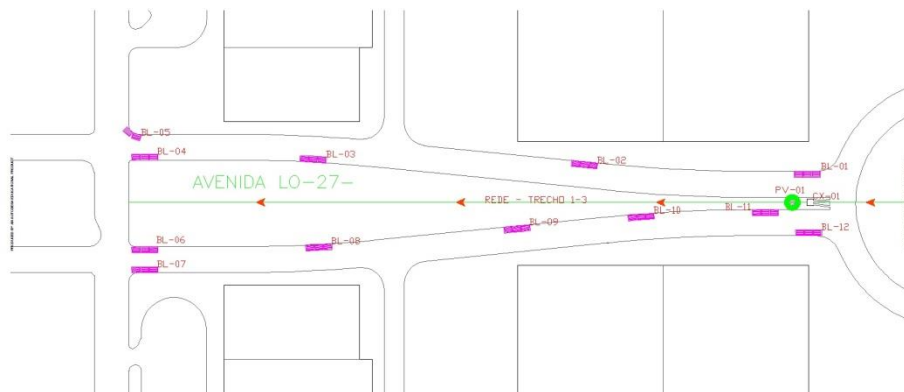
A figura 23 e 24 mostram os pontos onde estão concentrados os BL's de toda avenida, há uma distância entre pontos que varia de 20 a 100 metros.

Figura 25: Rede existente em mapa.



Fonte: Google Earth

Figura 26: Rede existente em planta.



Fonte: Próprio autor.

As Tabelas 4 e 5 mostram a locação de cada BL em estacas, contadas de 50 em 50 metros. O ponto inicial definido está localizado no encontro da avenida NS 10 com a LO27, e o seu ponto final na avenida Teotônio Segurado, a uma distância aproximada de 1.590 metros entre o ponto de partida e o final de todo o trecho.

Tabela 4: Total de BL's por trecho.

CADASTRAMENTO DA REDE					
TRECHO	ESTACAS (50m)	EXTENSÃO(Km)	TOTAL PV	LD	LE
NS10 - NS04	12+20m	0,62	0	0	0
NS04 - NS02	10+10m	0,51	0	0	0
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	5+35m	0,285	5	3	2
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	5+35m	0,285	7	2	5
NS02 - NS04	10+10m	0,51	0	0	0
NS04 - NS10	12+20m	0,61	0	0	0

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5: Locação dos BL's.

LOCAÇÃO DOS PVS			
TRECHO	ESTACA (50m)	LADO	TIPO
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	26+10m	DIREITO	TRIPLO
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	27+40m	DIREITO	TRIPLO
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	29+40m	ESQUERDO	TRIPLO
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	31+40m	ESQUERDO	TRIPLO
NS02 - AV. TEOTÔNIO S.	31+40m	DIREITO	DUPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	31+40m	DIREITO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	31+40m	ESQUERDO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	30+30m	ESQUERDO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	29+10m	ESQUERDO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	28+20m	ESQUERDO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	27+30m	ESQUERDO	TRIPLO
AV. TEOTÔNIO S. - NS02	27+23m	DIREITO	TRIPLO

Fonte: Próprio autor.

4.3 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Com os arquivos disponibilizados pela secretaria de infraestrutura do município de Palmas, através do site SIG Palmas (Sistema de Informações Geográficas de Palmas), foi possível obter o levantamento topográfico da avenida LO27, bem como das quadras circunvizinhas e das avenidas NS's que cortam a LO.

A importância do estudo topográfico das quadras vizinhas e das avenidas NS 02,04 e 10 mostrou-se necessária durante o estudo, onde observou-se que devido à topografia, parte das quadras agiam como área de contribuição para a LO27, tornando essa um ponto exultório das sub-bacias. De acordo com o estudo realizado, chegou-se à conclusão de que aproximadamente 50% da área das quadras ao redor faziam parte dessa área de contribuição conforme a figura 25, ilustrando o sentido topográfico da quadra 1106 sul. As outras quadras 1104s, 1204s, 1206s, 1102s, e 1202s seguem a mesma orientação topográfica, toda a água

escoada superficialmente tende a ser direcionada para as avenidas NS, e essas por sua vez direciona essa mesma água para a avenida LO27.

Figura 27: Sentido de percolação da água na quadra 1106s. .



Fonte: Google Earth.

Ao longo dos mais de 1,5km de extensão da avenida apurou-se que há uma variação de cota de aproximadamente 16 metros, uma declividade em média de 0,01 metro/metro. O ponto de maior cota está localizado próximo à avenida NS 10, e o ponto mais baixo na avenida Teotônio Segurado, evidenciando uma declividade baixa para uma grande extensão. Ainda sobre a quadra 1106s, observou-se que há na avenida LO27, trecho próximo à NS 10 um divisor de águas, ilustrado na figura 25. Parte da água segue para sentido leste, enquanto a maior parte segue para o sentido oeste, como todo o trecho restante.

4.4 PROJETO BÁSICO DE DRENAGEM

Com o projeto básico elaborado não objetivou-se solucionar de fato o problema de mobilidade no trecho estudado, mas sim apontar que o sistema de drenagem é ineficiente para a grande solicitação. Também por ser um projeto básico, apenas foi dimensionada a rede de drenagem com as respectivas vazões para cada trecho, desconsiderando outros dispositivos como BL's e PV's.

Seguindo às recomendações do DNIT para dimensionamento de rede de drenagem pluvial, a determinação das vazões de contribuição para cada trecho foi feita através do método Racional, demonstrado abaixo.

VIII

$$Q = 0,278 . C . I . A$$

Onde:

Q = Vazão de contribuição, em m^3/s ;

C = Coeficiente de escoamento superficial, obtido através da média ponderada das áreas de contribuição, adimensional;

A = Área de contribuição, em km^2 ;

I = Intensidade de chuva para cada tempo de concentração calculado em cada trecho, dada em mm/h ;

A tabela 6 detalha os dados hidrológicos utilizados em cálculo, bem como as respectivas vazões encontradas pelo Método Racional para cada trecho, identificados na figura 25.

Tabela 6: Resultados por trecho.

TRECHO	EXTENSÃO (Km)	ÁREA (KM ²)	Temp. Conc. (min)	Coef. Def.	Intensidade (mm/h x Km ²)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)
1-1	0,62	0,0413	19	0,72	180,99	1,49	2,500
2-1	0,272	0,1979	10	0,72	221,18	8,76	3,900
3-1	0,276	0,2199	13	0,72	205,90	9,06	3,000
1-2	0,51	0,0178	13	0,72	205,02	20,04	4,200
2-2	0,276	0,1898	13	0,72	205,90	7,82	2,900
3-2	0,276	0,1819	13	0,72	205,90	7,49	2,900
1-3	0,3	0,0219	7	0,72	235,36	36,38	5,020

Fonte: Próprio autor.

Devido à alta intensidade de chuva nos trechos estudados, bem como as grandes áreas de contribuição, verificou-se conforme apresentado na tabela 6, que a precipitação transformada em vazão e que deságua na via é bastante alta, chegando à 36,38 m^3/s em seu ponto final, que é a avenida Teotônio Segurado.

O diâmetro da tubulação pode ser obtido através da equação da continuidade, em função da velocidade e da vazão,

IX

$$Q = A \times V$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em m^3/s ;

A = Área do tubo, em m^2 ;

V = Velocidade de projeto, em m/s ;

Rearranjando a fórmula obtemos:

X

$$D = \left(\frac{10,079 \cdot Q \cdot n}{\pi \cdot \sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D = Diâmetro, em m;

Q = Vazão, em m³/s;

n = Coeficiente de rugosidade do concreto (0,013), adimensional;

i = Declividade, em m/m;

Os resultados dos diâmetros para a rede são apresentados na tabela 7 .

Tabela 7: Diâmetros calculados para a rede.

Vazão (m ³ /s)	ϕ (mm)	ϕ (m)	Área DO TUBO (m ²)	ϕ Adotado	Galeria (B x h)	Área efetiva	Declividad e do terreno
1,49	1000	1,00	0,79	1,00		1,57	0,0065
8,76	1800	1,80	2,54	2 x 1,30		2,65	0,0074
9,06	2000	2,00	3,14	2 x 1,50		3,53	0,0036
20,04	2200	2,20	3,80	2 x 1,75		4,81	0,0118
7,82	1900	1,90	2,84	2 x 1,50		3,53	0,0036
7,49	1900	1,90	2,84	2 X 1,50		3,53	0,0036
36,38	2500	2,50	4,91		2,5 x 2,5	6,25	0,0200

Fonte: Próprio autor.

Conseqüentemente em decorrência das altas vazões, foi identificado através de cálculos que para a rede há a necessidade de diâmetros a partir de 1 metro, no ponto de partida (trecho 1-1), e no trecho 1-3, ponto em que a LO 27 é interceptada pela avenida Teotônio Segurado achou-se mais viável a substituição de tubos de concreto pela galeria de 2,5 x 2,5 metros. Os diâmetros foram indicados de acordo com a NBR 8890/2007, que indica os diâmetros para tubos de concreto utilizados em redes de drenagem pluvial e esgoto sanitário.

Entre os dispositivos que não existem na avenida atualmente, mas que foram considerados durante a etapa de projeto deste trabalho, está a sarjeta. Visto que a avenida estudada é muito extensa e que há poucas bocas de lobo ao longo do trecho, foram previstas sarjetas ao longo do traçado para diminuir a lâmina d'água que invade as faixas, além de dar o correto escoamento da água aos coletores.

O cálculo do comprimento crítico de sarjeta sugere a que distancias é necessário um dispositivo coletor, como bocas de lobo, por exemplo, de forma que não haja transbordamento da sarjeta.

Para o dimensionamento do comprimento crítico de sarjeta no presente trabalho, seguiu-se as orientações do manual de drenagem do DNIT, que recomenda primeiramente o cálculo da capacidade de escoamento da sarjeta, igualando as equações de Manning e a equação da continuidade, respectivamente apresentadas abaixo.

X

$$V = \frac{1}{n} \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

XI

$$V = \frac{Q}{A}$$

Com o resultado obtêm-se:

XII

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

Onde:

V = velocidade de escoamento, em m/s;

RH = raio hidráulico, em m;

I = Declividade da sarjeta, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade, adimensional;

Q = vazão máxima admissível, em m³/s;

A = área molhada da sarjeta, em m²;

Após fixarmos a seção da sarjeta triangular 15cm de altura por 60 cm de base, , o comprimento crítico pode ser encontrado utilizando outra igualdade, a da equação XII com a equação do método racional (VIII), e como resultado a equação abaixo:

XIII

$$d = \frac{1 \times A \times RH^{2/3} \times I^{1/2}}{n + L + i + C + 0,278}$$

Onde,

A = Área Molhada da sarjeta, em m^2 ;

RH = Raio hidráulico, em m;

I = Declividade da sarjeta, em m/m;

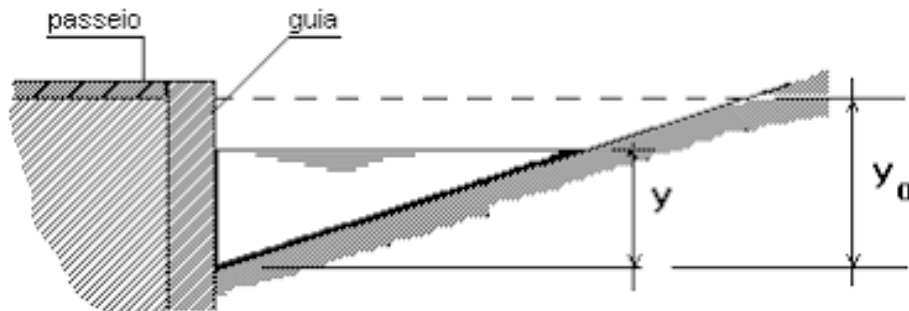
n = Coeficiente de rugosidade do concreto (0,013), adimensional;

L = Largura média da área de implúvio;

i = Intensidade de precipitação, mm/h;

C = Coeficiente de deflúvio, adimensional;

Figura 28: Seção transversal da sarjeta.



Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/SBassunt.htm?submit=Volta+para+Assuntos>. Acesso em 03 novembro de 2017.

Considerou-se para o dimensionamento do comprimento crítico de sarjeta, apenas os trechos 1-1;1-2; 1-3; diferentemente dos cálculos anteriores, uma vez que apenas esses trechos constituem a avenida. Os demais são pontos exultórios das quadras vizinhas, que pela topografia do terreno direcionam a água escoada superficialmente para a avenida LO 27.

A largura “L” da área de implúvio do trecho 1-1 conta com a área de estacionamento dos comércios no trecho, por isso se diferencia dos outros, onde é contada apenas a largura da via.

Figura 29 : Comprimento crítico de sarjeta.

COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA												
TRECHO	Área molhada (m^2)	Perímetro molhado (m)	$RH^{2/3}$	n	I (mm/h)	i (%)	c	Q (l/s)	V (m/s)	L	D (m)	Adotado
1-1	0,0413	1,05	0,043	0,013	180,99	0,65	0,72	30,74	0,74	36	48	48
1-2	0,0413	1,05	0,043	0,013	205,02	1,18	0,72	41,41	1	10,5	101	80
1-3	0,0413	1,05	0,043	0,013	235,36	2	0,72	53,91	1,31	10,5	115	existente

Fonte: Próprio autor.

O comprimento crítico de sarjeta nos trechos 1-2 e 1-3 obtidos através do cálculo foram acima de 100 metros, porém a recomendação do DNIT para drenagem urbana é de que a distância máxima entre os coletores seja de 80 metros, para que não haja o transbordamento do meio-fio. Dessa forma, para o trecho 1-1 a distância entre BL's ficou determinada em 48 metros, enquanto que a distância adotada para o trecho 1-2 foi de 80 metros. Para o trecho 1-3 foi mantida a rede existente, uma vez que há uma quantidade de BL's suficiente conforme os cálculos. Deve-se levar em conta ainda que, os BL's existentes são suficientes desde que haja nos trechos anteriores a distribuição de mais bocas de lobo, entre outros dispositivos previamente calculados e identificados no projeto básico, conforme "APÊNDICE A".

5. CONCLUSÃO

O estudo realizado na Avenida LO-27 constatou que a bacia se apresenta como uma região praticamente plana, e embora a declividade seja mais alta em alguns trechos, em média ainda é baixa para a extensão da via. A densidade das habitações da bacia também é bastante alta, por serem quadras pioneiras da capital, o que torna o solo altamente impermeável.

Tudo isso aliado às chuvas intensas identificadas através do estudo da série histórica prova que o sistema atual é insuficiente, uma vez que a avenida funciona como canal aberto que deságua em um pequeno trecho onde estão localizados alguns dispositivos de captação. As consequências dessa sobrecarga, além do transtorno à população, acarretam em danos à rede já existente. As bocas de lobo e meio-fios principalmente não suportam as altas vazões e sedem, de forma que em pouco tempo precisam ser substituídas, e ainda assim o problema não estará resolvido.

A elaboração do projeto básico apresentado neste trabalho reforça a necessidade supracitada, a da captação da água ao longo da via através de mais coletores para que o sistema não fique sobrecarregado ao seu ponto final, e de acordo com o cálculo do comprimento crítico de sarjeta, foi identificado que ao longo do trecho seriam necessárias pelos menos mais 40 bocas de lobo e 22 poços de visita além dos que já existem no local.

O projeto apresentado não exclui a necessidade de um estudo mais criterioso para a solução completa do problema, mas serve como base para a confirmação de que o sistema atual é ineficiente, e que para a elaboração do projeto executivo o presente trabalho pode servir de base para estudo.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Dados Hidrológicos em Tempo Real**. Brasil. Disponível em:

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/informacoeshidro.aspx>.

Acesso em: 19 abr 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto armado em seção circular para águas pluviais e esgoto sanitário** – Requisitos e métodos de ensaio - . Rio de Janeiro,RJ: 2007. 30 p.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 4 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Ed. Bertrand Brasil, 1996.

AZEVEDO NETTO, J.M; ARAÚJO, R. ; FERNANDEZ, M.F.; ITO, A. E.; **Manual de hidráulica**. 8ª Edição. São Paulo, SP: Ed. Edgard Blucher LTDA, 1998, pág. 361.

AZEVEDO NETTO, J.M; BOTELHO, M.H.C.; **Manual de Saneamento de Cidades e Edificações**. São Paulo, SP: PINI, 1991.

BARKER, R. **Design Strategies – Flood Resilience**. London, UK: Baca Architects. *Apud* PONTREMOLEZ, N.S. **Estudo das inundações em cenários alternativos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Mineirinho**. São Carlos, SP. Disponível em:

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde...110840/.../Nataska_Pontremolez.pdf.

Acesso em: 12 abr 2017.

BRAGA, B.; TUCCI, C.; TOZZI, M.; **Drenagem Urbana: Gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade / UFRGS, 1998.

BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil, 1998. **Assembléia Nacional Constituinte Senado Federal**, disponível em: < <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: 28 fev 2017.

CANHOLI, A. **Drenagem Urbana e Controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2014.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=793> Acesso em: 28 fev 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro, RJ: 2ª Edição. 2006, 333p.

FERRARI, F. **Estatística Básica**. Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.ferrari.pro.br/home/documents/FFerrari-Curso-Estatistica-Basica.pdf> Acesso em: 19 abr 2017.

FESTI, A.V. **Coletânia das equações de chuva do Brasil**. Paulínia, SP: 201?

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia hidráulica e sanitária**. 2 ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1974.

GEROLLA, GIOVANNY. **Drenagem de lotes urbanos – As diretrizes técnicas e de custo para elaboração de projetos de drenagens de águas pluviais em loteamentos residenciais**. São Paulo, Brasil: Infraestrutura urbana, 2011. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220132-2.aspx> . Acesso em 19 abr 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF 2006.

NAKAMURA, J. **Saneamento – Bocas de lobo**. Brasil, 2011: site Infraestrutura Urbana. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/8/2-bocas-de-lobo-como-planejar-o-posicionamento-das-239376-1.aspx>. Acesso em: 19 abr 2017.

PHILIPPI Jr. A, **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manoele, 2005 – (coleção Ambiental;2) apud ALMEIDA, D;

COSTA, I. A Drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no Município de Santana. Macapá, AP:Ed. Universidade / UFA 2014.

PITA, Mariana. Galeria de água pluvial – Os detalhes técnicos do projeto de drenagem superficial da Prefeitura de São Paulo com composições de custo referenciais para cinco capitais. São Paulo, SP: Infraestrutura Pini, 2011. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/galeria-de-agua-pluvial-os-detahes-tecnicos-do-projeto-245146-1.aspx> Acesso em: 19 abr 2017.

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PNSB). Brasil: IBGE, 2008 Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf >. Acesso em: 13 fev 2017.

PINTO, L.H.; PINHEIRO, S.A. **Orientações Básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, SECRETARIA MUNICIPAL DE ASSUNTOS JURÍDICOS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas**. Palmas, TO 2014. Disponível em: http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_03_Drenagem_Urbana_Versao_Final_1.pdf>. Acesso em: 28 fev 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Saiba mais sobre o ciclo hidrológico**. Disponível em: <http://cprmblog.blogspot.com.br/2012/12/saiba-mais-sobre-o-ciclo-hidrologico.html> Acesso em: 28 fev 2017.

SOUSA, M.M. **Aquafluxus: Trincheiras de Infiltração**. Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/trincheiras-de-infiltracao/>. Acesso em: 28 fev 2017.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. **Inundações urbanas da América do Sul**. 1 ed. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade / UFRGS: ABRH.

TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L. da Motta. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade/ UFRGS, 2000. 16p.

TUCCI, C. E. M; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, RS: Ed da Universidade/ UFRGS, 1995.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade / UFRGS, 2004.

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – O estudo de caso da cidade do samba**. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2008. Disponível em: www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/heitorv.pdf . Acesso em: 10 abr 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto básico de drenagem