



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
MOBILIDADE

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO POLO
CENTRO EM ANÁPOLIS - GO**

EDUARDO ANDRADE DO VALE

ORIENTADOR(A): Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

ANÁPOLIS

2021

EDUARDO ANDRADE DO VALE

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO POLO
CENTRO EM ANÁPOLIS - GO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da
Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito
parcial para conclusão de curso.

Orientador: Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

ANÁPOLIS, 2021

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Eduardo Andrade do Vale

Matrícula: 20161060130196

Título do Trabalho: Avaliação do Projeto de Microdrenagem do Bairro Polo Centro em Anápolis-GO

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Anápolis _____, 20 / 09 / 21 .
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V149a VALE, Eduardo Andrade do
Avaliação do projeto de microdrenagem do bairro
Polo Centro em Anápolis - GO / Eduardo Andrade do
Vale – Anápolis: IFG, 2021.
49 p. : il. color.

Orientador: Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás: Câmpus Anápolis – Engenharia Civil da
Mobilidade, 2021.

1. Drenagem urbana. 2. Urbanização. 3.
Inundações. 4. Anápolis - GO. I. ALEIXO,
Frederico de Souza orien. II. Título.

CDD 624.1



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 04/2021

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No 4º dia do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e um, às 14:00 horas, por meio de videoconferência via Google Meet (meet.google.com/akm-qdni-rix), foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do Graduando **Eduardo Andrade do Vale** (matrícula 20161060130196) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade. A banca foi composta pelos seguintes membros: Frederico de Souza Aleixo, Hostílio Maia de Paula Neto e Dayane Lopes Marques Santana, sob a presidência do primeiro. O trabalho de conclusão de curso tem como título “**AVALIAÇÃO DA MICRODRENAGEM DO BAIRRO POLO CENTRO EM ANÁPOLIS - GO**”, da área de Drenagem Urbana, sob orientação do Prof. Frederico de Souza Aleixo. Após a apresentação, tendo sido o autor arguido pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 81,3 (Oitenta e um pontos, e três décimos) e o Trabalho de Conclusão de Curso foi considerado (X) aprovado () aprovado com correções () reprovado pela banca examinadora.

Encerra-se a presente sessão às 15 horas e 40 minutos. Eu, Prof. Frederico de Souza Aleixo, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

Prof. Frederico de Souza Aleixo

(Assinado eletronicamente)

Prof. Hostílio Maia de Paula Neto

(Assinado eletronicamente)

Profa. Dayane Lopes Marques Santana

(Assinado eletronicamente)

Eduardo Andrade do Vale
(Graduando)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Dayane Lopes Marques Santana**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2021 17:31:48.
- **Hostilio Maia de Paula Neto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2021 15:44:46.
- **Frederico de Souza Aleixo**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2021 15:40:45.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/07/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 184796

Código de Autenticação: 042d39aa4e



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Avenida Pedro Ludovico, s/ nº, Reny Cury, ANÁPOLIS / GO, CEP 75131-457
(62) 3703-3373 (ramal: 3373)

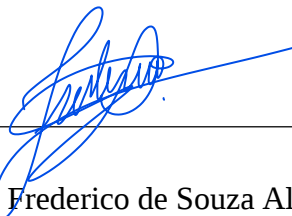
EDUARDO ANDRADE DO VALE

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO POLO
CENTRO EM ANÁPOLIS - GO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da
Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito
parcial para conclusão de curso.

Orientador(a): Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

APROVADO EM: _____/_____/_____



Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

Prof. Dayane Lopes Marques Santana

Prof. Dr. Hostílio Maia de Paula Neto

ANÁPOLIS, 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, que sempre me deu forças nos momentos mais difíceis, foi ele que nunca me deixou desistir dos meus sonhos.

A minha família, meus pais Dnilson e Eliene, e meus irmãos Rafaela, Gustavo e Kamila, sempre foram a minha base, meu porto seguro.

Ao meu professor e orientador Frederico Aleixo, que sempre admirei por ser um excelente e dedicado profissional.

Agradeço ainda a todos que foram meus professores, sem vocês jamais seria possível realizar esse meu sonho.

OBRIGADO!

RESUMO

Com o exponencial crescimento da população brasileira e do mundo, surgiu a necessidade de investir em obras de drenagem urbana, principalmente por esse incremento populacional estar voltado à ocupação em centros urbanos. Grande parte da ocupação dessas cidades se dá de forma desordenada, sem obedecerem às normas dos planos diretores estabelecidos pelos municípios, e com isso, geram inúmeros impactos ambientais como interferências no ciclo hidrológico provenientes de fatores como as constantes mudanças climáticas que elevam as precipitações, aumento do escoamento superficial, por haver aumento na impermeabilização dos solos devido à construção de novas edificações. Esses fatores aumentam a probabilidade de enchentes gerando inúmeros prejuízos financeiros como a perda de negócios devido à dificuldade do acesso aos comércios, perda de objetos e mercadorias. As enchentes geram risco à vida pelo fato de essas inundações serem grandes transmissoras de doenças e serem fatores primordiais para ocorrência de desbarrancamentos. Por esses motivos, o presente trabalho teve como objetivo dimensionar todo sistema de microdrenagem para o bairro Polo Centro situado em Anápolis-GO, e comparar com o sistema que foi executado, visando atender todos os critérios de segurança, e economia.

Palavras-Chaves: Drenagem urbana, urbanização, inundações.

ABSTRACT

With the exponential growth of the Brazilian population and the world, the need to invest in urban drainage works arose, mainly because this population increase is focused on occupation in urban centers. Much of the occupation of these cities occurs in a disorderly manner, without obeying the rules of the master plans established by the municipalities, and thus generate numerous environmental impacts as interferences in the hydrological cycle resulting from factors such as the constant climate changes that increase precipitation, increased surface runoff, because there is an increase in soil waterproofing due to the construction of new buildings. These factors increase the likelihood of flooding causing numerous financial losses such as loss of business due to the difficulty of access to trades, loss of objects and goods. Floods are life-threatening because these floods are major transmitters of diseases and are key factors for the occurrence of collapse. For these reasons, the present work aimed to size the entire drainage system for the Polo Centro neighborhood located in Anápolis-GO, and compare with the system that was executed, aiming to meet all the criteria of safety, and economy.

Keywords: Urban drainage, urbanization, floods.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BL	Bocas de Lobo
EN	Drain and sewer systems outside buildings
EPA	Environmental Protection Agency
PV	Poço de visita
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GO	Goiás

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Inundações de áreas ribeirinhas	15
Figura 2 – Impacto da urbanização no hidrograma	16
Figura 3 – Impacto da urbanização no hidrograma	16
Figura 4 – Ciclo hidrológico.....	17
Figura 5 – Seção transversal de uma sarjeta.....	19
Figura 6 – Boca de lobo simples	21
Figura 7 – Boca de lobo com grelha.....	21
Figura 8 – Boca de lobo combinada	21
Figura 9 - Ligação da galeria com o PV	23
Figura 10 - Representação dos sistemas de microdrenagem	24
Figura 11 - Localização Polo Centro 1ª Etapa.....	25
Figura 12 - Delimitação da região do Polo Centro 1ª Etapa.....	25
Figura 13 - Projeto dos lotes e curvas de níveis do bairro Polo Centro em Anápolis-GO	26
Figura 14 - Levantamento das dimensões das bocas coletoras	27
Figura 15 - Levantamento das dimensões das sarjetas	27
Figura 16 - Levantamento da microdrenagem existente	28
Figura 17 - Caimento das ruas e lotes.....	30
Figura 18 - Traçado das microbacias de contribuição.....	31
Figura 19 - Perfil da Avenida Nacional.....	33
Figura 20 - Perfil da rua Oriental.....	34
Figura 21 - Perfil da rua Aeroviários.....	35
Figura 22 - Perfil da rua Poeta Paulo Nunes.....	36
Figura 23 - Perfil da rua Colônia Libaneza.....	36
Figura 24 - Perfil da rua dos Industriários.....	36
Figura 25 - Reconstrução da microdrenagem do bairro Polo Centro.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de bocas de lobo em série conforme diâmetro dos tubos	22
Tabela 2 – Espaçamentos dos poços de visita	23
Tabela 3 - Cálculo coeficiente de runoff	29
Tabela 4 - Levantamento das extensões e áreas das microbacias.....	32
Tabela 5 - Levantamento das cotas do terreno e dos Poços de Visita	37
Tabela 6 - Cálculos da declividade da tubulação e ruas, deflúvio e diâmetro dos tubos	38
Tabela 7 - Cálculo capacidade condução das sarjetas, números de bocas coletoras	39
Tabela 8 - Diâmetro comerciais e cálculos da velocidade das águas nas galerias	40
Tabela 9 - Comparativo entre a quantidade de bocas coletoras existentes com a quantidade calculada	41
Tabela 10 - Comparativo entre a quantidade de poços de visita existentes com a quantidade calculada	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Relatório fotográfico do bairro Polo Centro em Anápolis-GO.....	38
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos gerais	13
1.3 Objetivos específicos	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Urbanização	14
2.2 Mudanças climáticas.....	14
2.3 Inundações	15
2.3 Hidrologia	17
2.4.1 Ciclo hidrológico.....	17
2.4.2 Tempo de concentração.....	17
2.4.3 Tempo de recorrência.....	18
2.5 SISTEMAS DE DRENAGEM	19
2.5.1 Guias.....	19
2.5.2 Sarjetas	19
2.5.3 Bocas coletoras.....	20
2.5.4 Ramais.....	22
2.5.5 Galerias.....	22
2.5.6 Poços de visita.....	23
4. ÁREA DE ESTUDO	25
5. LEVANTAMENTO EM CAMPO	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
6.1 Coeficiente de escoamento	29
6.2 Microbacias de contribuição	29
6.3 Criação dos perfis das ruas	33
7. Conclusão	43
8. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, no Brasil e no mundo, houve uma vertente no crescimento populacional, e esse crescimento está voltado para as áreas urbanas (TUCCI, 1997).

Segundo (CANHOLI, 2014), a maioria das grandes cidades do Brasil apresenta situações caóticas quando o assunto é saneamento básico, principalmente quanto à coleta de esgotos domésticos e drenagem urbana. Na maior parte dessas cidades, a urbanização se deu de forma acelerada e em poucas foram previstas essas expansões.

Com o grande crescimento populacional em centros urbanos, ocorreu uma enorme migração para zonas periféricas das cidades ocupando áreas com maiores riscos de ocorrerem enchentes devido ao relevo e proximidade com mananciais, ainda sendo potencializado pelas mudanças no ciclo hidrológico por conta do acréscimo da impermeabilização dos solos (TUCCI, 1997).

Devido à falta de normas que regulamentem o uso dos solos, que deviam ser previstas no plano diretor de todos os municípios, aumentam a necessidade de construções de sistemas de drenagem urbana, obras de grandes dimensões e que geram um custo muito elevado, mas que são de extrema necessidade, pois sua falta acarreta inundações, gerando problemas sociais e econômicos (TUCCI, 1997).

Como em Anápolis – GO, que o setor Polo Centro 1ª etapa as vias só foram pavimentadas no ano de 2020, tendo mais de 20 anos a fundação do loteamento. Por serem regiões muito íngremes e com a chegada da pavimentação, se fez necessário executar o sistema de drenagem urbana. Este trabalho tem o intuito de estudar de forma detalhada todo sistema da microdrenagem da região.

1.1 Justificativa

Obras de infraestrutura sempre são obras com de custo muito elevado, mas são de suma importância pois a falta de uma drenagem urbana eficaz gera constantes enchentes causando problemas terríveis como depreciação de patrimônios, perda de negócios, risco a vida. Os custos para construção são pagos através dos impostos. Por respeito ao dinheiro público essas obras devem ser desenvolvidas baseadas em projetos muito bem dimensionados e serem executadas nos mais modernos padrões de qualidade.

A região do Polo Centro em Anápolis/GO, foi escolhida para ser estudada pois toda sua pavimentação e sistema drenante foram construídos recentemente. Dessa forma, os cálculos de dimensionamento devem seguir os parâmetros mais atualizados, podendo ser comparados com os dimensionamentos do presente trabalho.

1.2 Objetivos gerais

Realizar um estudo sobre a drenagem urbana, analisar o projeto de microdrenagem que foi executado, e por fim propor um sistema de microdrenagem eficaz.

1.3 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento de campo a fim de coletar o máximo de informações sobre o projeto do sistema drenante executado na região;
- Dimensionamento e elaborar o projeto de microdrenagem da região
- Realizar uma análise entre o projeto que foi executado com o projeto dimensionado

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Urbanização

Os demógrafos estimaram em meados do ano de 2007 que a população global se tornou predominantemente urbana, e que até 2050 mais de 70% será urbanizada (AHERN, 2011).

A população brasileira teve um crescimento exponencial nas suas últimas décadas tornando a maioria de suas capitais metrópoles. Nos últimos anos a expansão populacional nas cidades com mais de 1 milhão de habitantes tem uma taxa de crescimento de 0,9% anual, enquanto as cidades entre 100 e 500 mil habitantes tem uma taxa de crescimento de 4,8% anual. O problema é que esse crescimento vem sendo feito de forma desordenada, tendo a maior parte da população migrado para as periferias, sem obedecer às normas de construções e nem mesmo ao plano diretor (TUCCI, 2002).

A zona urbana, evidentemente é a região mais afetada pela ação do homem, afetando todo ciclo hidrológico (SEMADENI-DAVIES, HERNEBRING, *et al.*, 2008). As inundações sofrem grande aumento com a urbanização, devido a impermeabilização dos solos, desvio do curso natural hidrológico, ocupação de solos, criações de obras de arte especiais inadequadas (TUCCI, 2002).

Os principais problemas que o sistema de drenagem sofre devido à urbanização são: aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração, aumento da produção de materiais sólidos e perda na qualidade das águas (TUCCI, 1997).

2.2 Mudanças climáticas

Os centros urbanos representam a forma mais clara da transformação da paisagem natural (AMORIM, 2005). Com a expansão urbana gerou-se um aumento de superfícies impermeabilizadas, como o asfalto e o concreto. Essas superfícies possuem tonalidades mais escuras, principalmente quando envelhecem, contribuem para o aumento da absorção do calor (TUCCI, 2002). Essas superfícies escuras e secas pode chegar a uma temperatura de 88°C durante o dia, quando superfícies naturais tendem a ficar em torno de 18°C. Esses fatores são responsáveis pela criação de ilhas de calor (GARTLAND, 2010).

Essas mudanças climáticas interferem imediatamente em toda a população, pois aumentam as temperaturas e a concentração de poluentes (AMORIM, 2005). Além do aumento do desconforto térmico e do risco à vida pela potencialização da poluição do ar, geram desperdício de energia e gastos, por se fazer necessária a criação e manutenção de estruturas para o controle de enchentes (GARTLAND, 2010).

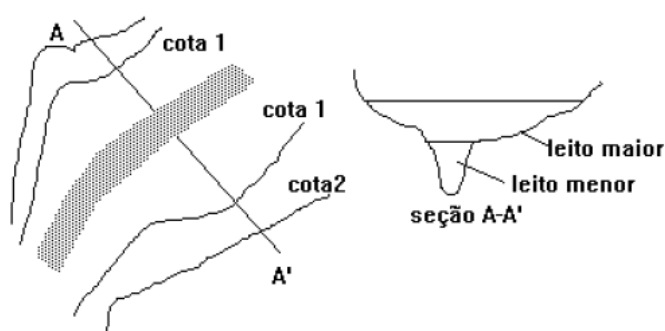
O fenômeno das ilhas de calor, formadas pelo aumento da temperatura do ar das cidades quando comparado com as áreas rurais e regiões menos urbanizadas, ocorre principalmente nos centros das cidades pois é lá onde há maior concentração de construções (AMORIM, 2005).

2.3 Inundações

A EN 752, define inundação como o acúmulo de águas residuais ou pluviométricas que não são capazes de escoar ou de entrarem em sistemas de drenos ou esgotos (SCHMITT, THOMAS e ETTRICH, 2004). Em algumas cidades em que são frequentes as chuvas de elevado volume, o sistema drenante muitas vezes não é capaz de escoar todo volume das chuvas resultando em alagamentos de algumas áreas (CEMBRANO, QUEVEDO, *et al.*, 2004).

As enchentes ocorrem a partir do momento que ocorre uma elevação do nível natural do rio de forma que as águas não cheguem à jusante do leito do rio, a partir do momento que ocorre a transposição da área do leito do rio se trata de inundação. As inundações podem acontecer por dois fatores, pela enchente em áreas ribeirinhas e pela urbanização. As enchentes em áreas ribeirinhas normalmente acontecem quando o rio atinge o seu leito maior, conforme a figura 1, devido ao grande volume de chuvas com tempo de recorrência superior a 2 anos, e como essas áreas estão ocupadas irregularmente, são alagadas (TUCCI, 2021).

Figura 1 – Inundações de áreas ribeirinhas

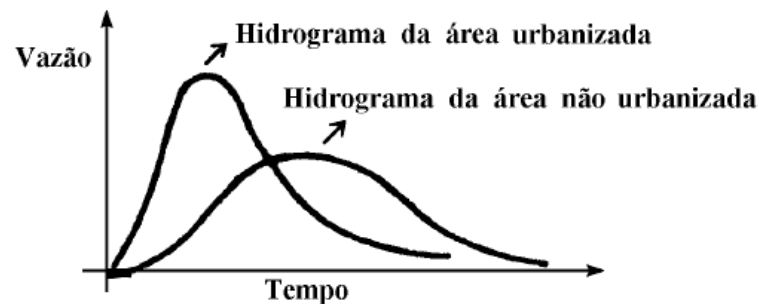


Fonte: Tucci (2021)

Com crescimento populacional em áreas urbanas houve aumento na taxa de impermeabilização devido a construção de asfaltos, telhados, calçadas e outras obras que interferem diretamente na impermeabilização dos solos. As águas que antes infiltravam passam a fazer parte do escoamento superficial, aumentando o volume de águas a escoarem nas ruas gerando enchentes (TUCCI, 2021).

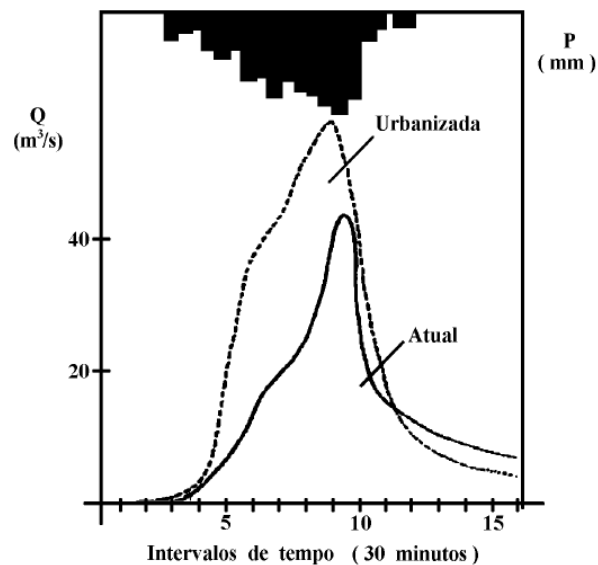
Mudanças no meio ambiente como modificação da cobertura vegetal e desmatamento são fatores que interferem diretamente no volume do escoamento superficial e na diminuição do tempo de concentração, aumentando a vazão, conforme as figuras 2 e 3, (POMPÊO, 2000).

Figura 2 – Impacto da urbanização no hidrograma



Fonte: Tucci (2021)

Figura 3 – Impacto da urbanização no hidrograma



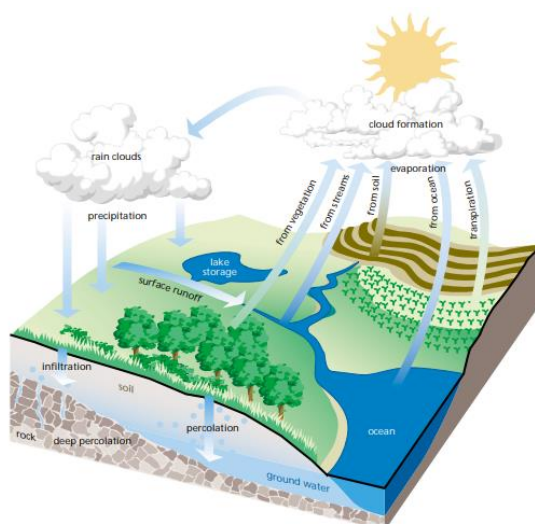
Fonte: Tucci (2021)

2.3 Hidrologia

2.4.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico pode ser definido como o constante movimento das águas, tendo o sol como principal fonte de energia, e a gravidade como a força atuante no sistema (PAZ, 2021). Esse movimento está relacionado com o retorno do volume de águas precipitadas para as águas superficiais ou subterrâneas que novamente retornarão a atmosfera por transpiração e evaporação, como pode ser visto na figura 4 (EPA, 2008).

Figura 4 – Ciclo hidrológico



Fonte: EPA (2008)

A precipitação pode percorrer três caminhos, retornando diretamente para a atmosfera, infiltrando no solo, ou retornando ao ciclo hidrológico através de rios, riachos e similares (EPA, 2008).

2.4.2 Tempo de concentração

É o tempo para o escoamento do ponto mais distante onde ocorreu uma precipitação até a seção analisada (PAZ, 2021). Para determinar o tempo de concentração em bacias urbanas deve ser de forma minuciosa, pois a maioria das equações existentes foram dimensionados

considerando bacias rurais, por isso que existe tanta divergência de um método para outro (CANHOLI, 2014). Existem inúmeras equações empíricas que são formuladas por variáveis, sendo assim, devem ser utilizados mais de uma equação para obter um dimensionamento mais preciso do tempo de concentração.

Para (Tomaz, 2010) a equação (1), é a mais precisa para obtenção do tempo de concentração:

$$T_c = \frac{6,92 \times L^{0,6} \times n^{0,6}}{(C \times I)^{0,84} \times S^{0,3}} \quad (1)$$

Sendo:

t= tempo de concentração do escoamento superficial (min)

L=comprimento do escoamento superficial (m)

n= coeficiente de rugosidade de Manning

C= coeficiente de runoff

S= declividade média da área de escoamento superficial (m/m)

I= intensidade da chuva (mm/h)

2.4.3 Tempo de recorrência

Quanto maior o tempo recorrência menores são as probabilidades de ocorra vazão superior à que foi determinada para o dimensionamento do sistema drenante (DNIT, 2005).

O tempo de recorrência se relaciona com a segurança e a durabilidade de uma obra, onde se trata de um período em anos que novamente poderá retornar acontecer pelo menos uma vez um evento de grande magnitude. Para os sistemas de drenagem urbana, o evento a ser considerado deve ser os picos de precipitações provenientes de chuvas, quanto maior for o tempo de concentração maior será o índice pluviométrico que está sendo considerado para dimensionamento da rede de drenagem urbana (DNIT, 2005).

2.4.4 Escoamento superficial

Para (Tomaz, 2010), o coeficiente de escoamento superficial “C”, também é conhecido como coeficiente de runoff, ou como coeficiente de deflúvio. Para determinação do coeficiente, tem influência direta das características do solo, como grau de porosidade, grau de compactação, cobertura vegetal, declividade, interferência de precipitações como intensidade,

forma de incidência, entre outros fatores. Quanto mais fatores levados em consideração ao realizar os cálculos, mais preciso é o coeficiente.

2.5 SISTEMAS DE DRENAGEM

A drenagem urbana é composta por redes a fim de transportar as águas pluviais e residuais urbanas para reaproveitamento ou retorno ao ciclo hidrológico natural através do lançamento em mananciais. (CEMBRANO, QUEVEDO, *et al.*, 2004)

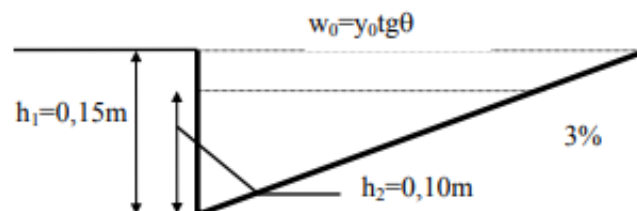
2.5.1 Guias

Suas principais funções são limitar a área da plataforma dos terrenos, sendo indispensáveis em pontos irregulares, canteiros centrais, obras de arte entre outros, pois desempenha uma função de segurança e de orientação da drenagem superficial. As guias devem ser executadas conforme e projeto o método mais utilizado são os moldados “in loco” com a utilização de fôrmas convencionais (DNIT, 2006).

2.5.2 Sarjetas

A principal função das sarjetas são captar e conduzir as águas superficiais que estão escoando sobre as rodovias até os dispositivos coletores, as sarjetas são canais que estão posicionados paralelamente as guias (DNIT, 2006)

Figura 5 – Seção transversal de uma sarjeta



Fonte: Tomaz (2010)

Conforme (Tomaz, 2010), a largura adotada para sarjetas é de 30 centímetros. Na primeira hipótese é adotado uma declividade da rua de 3% e altura da sarjeta igual a 15 centímetros, como representado na figura 5. Na segunda hipótese, consideram-se os mesmos 3% e altura da sarjeta como 10 centímetros, conforme a figura 5. O dimensionamento hidráulico pode ser feito pela equação (2) de Manning:

$$Q = n^{-1} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Q= vazão em m³ /s;

A= área molhada da seção em m²;

R= raio hidráulico em metros;

R= Área molhada / perímetro molhado;

S= declividade da rua em metro/metro.

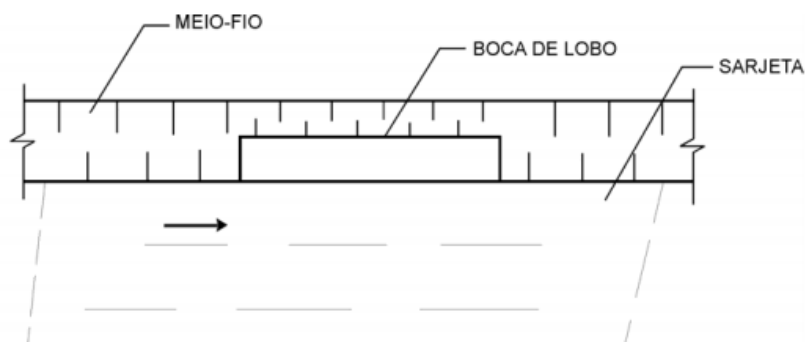
N=rugosidade de Manning=0,017 para pavimentos comuns de vias públicas

2.5.3 Bocas coletoras

As bocas coletoras são dispositivos posicionados em pontos estratégicos nas sarjetas a fim de captar o volume de água que está sendo escoado (TUCCI, 2001). Os principais objetivos das caixas coletoras são a captação das águas que estão sendo conduzidas pela sarjeta e transporte até os bueiros de greide, coleta de águas que estão a montante de bueiros de transposição de talvegues, coleta do volume proveniente as decidas devidos a cortes no terreno, permitir que ocorra a inspeção de condutos que passam por elas e para a mudança de declividade, direção e dimensões de bueiros (DNIT, 2006).

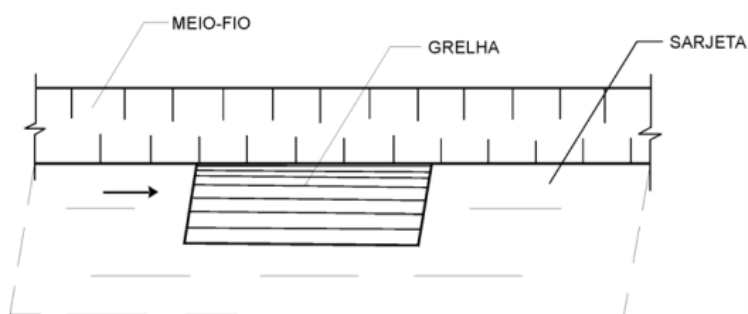
As bocas coletoras podem ser classificadas como boca-de-lobo reconhecida por uma abertura no meio-fio, conforme a figura 6, boca-de-leão, onde a abertura fica localizada na sarjeta com grelha, como visto na figura 7, e em alguns casos pode haver combinação entre ambos, como na figura 8, (DNIT, 2006).

Figura 6 – Boca de lobo simples



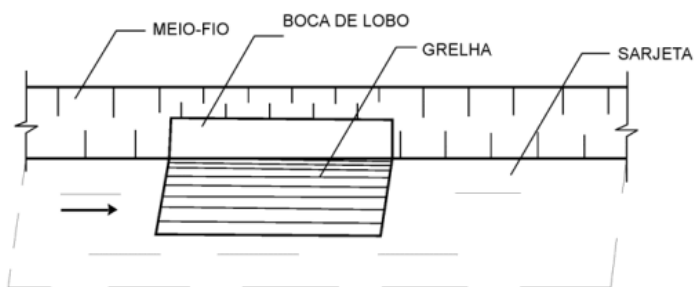
Fonte: DNIT (2006)

Figura 7 – Boca de lobo com grelha



Fonte: DNIT (2006)

Figura 8 – Boca de lobo combinada



Fonte: DNIT (2006)

As bocas coletoras devem ser locadas de maneira que não sejam criadas zonas com baixa captação de águas. Podem ser considerados, no máximo, 4 bocas de lobo em série com capacidade máxima de 60 l/s cada, o número de bocas de lobo em série deve ser de acordo com a tabela 1 (TOMAZ, 2010).

Tabela 1 – Número de bocas de lobo em série conforme diâmetro dos tubos

Número de bocas de lobo em série	Diâmetro dos tubos (m)
1	0,40
2	0,50
3	0,60
4	0,60

Fonte: Tomaz (2010)

2.5.4 Ramais

São tubos que tem como função a ligação para o transporte das águas que são captadas pelas bocas coletoras e condução até os poços de visita ou às galerias (TUCCI, 2001).

2.5.5 Galerias

Segundo (TOMAZ, 2010), as galerias devem sempre serem locadas no centro das ruas e deve possuir um recobrimento mínimo de 1m. Sempre que possível devem ser executadas em tubos de concreto com diâmetro nominal mínimo de 0,60 metros e diâmetro nominal máximo de 1,5 metros. O escoamento nas galerias deve possuir velocidades mínimas de 0,60 m/s e máxima de 5,00 m/s, podendo ser superior apenas no caso de ruas muito íngremes que têm a necessidade de inserir novos PVS ou pela necessidade de drenar em ruas sem saídas.

Equação (3) de Manning para cálculo de vazão em galeria circular seção plena:

$$Q = (0,312) \cdot (n^{-1}) \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

sendo:

Q= vazão (m³ /s);

n=coeficiente de rugosidade de Manning;

D= diâmetro da tubulação (m);

S=declividade (m/m).

2.5.6 Poços de visita

São caixas subterrâneas que podem ser feitas de concreto ou alvenaria que interligam dois ou mais trechos de condutos de ligação e redes (ADASA, 2018), sendo dispositivos para mudança da declividade, direção e dimensões das galerias (DNIT, 2006). Através do PV deve ser possível acessar as canalizações para limpezas e manutenções (TOMAZ, 2010). Devem ser previstos quando no mesmo ponto concorrem mais de um coletor. A tabela 2 delimita o espaçamento máximo entre os PV.

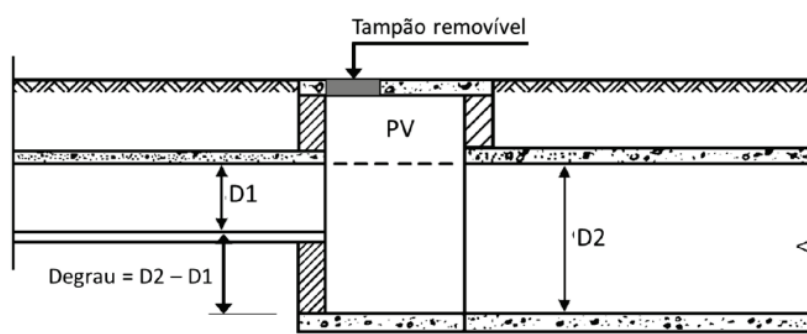
Tabela 2 – Espaçamentos dos poços de visita

Diâmetro ou altura do conduto (m)	Espaçamento dos PV
0,30	120
0,50 a 0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: Tomaz (2010)

A figura 9 representa o posicionamento das bocas de lobo e dos poços de visita na rede de drenagem. Na figura 10 mostra a posição dos PVs e das BLs na rede de drenagem.

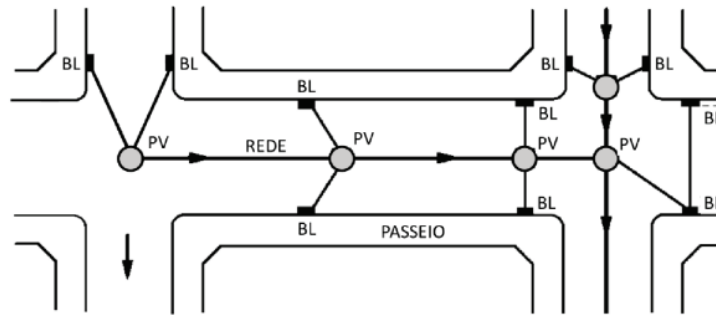
Figura 9 - Ligação da galeria com o PV



Fonte: ADASA (2018)

A figura 10, representa todo sistema presente na microdrenagem, composto pelas bocas coletoras, ramais de ligação, poços de visita e galerias.

Figura 10 - Representação dos sistemas de microdrenagem

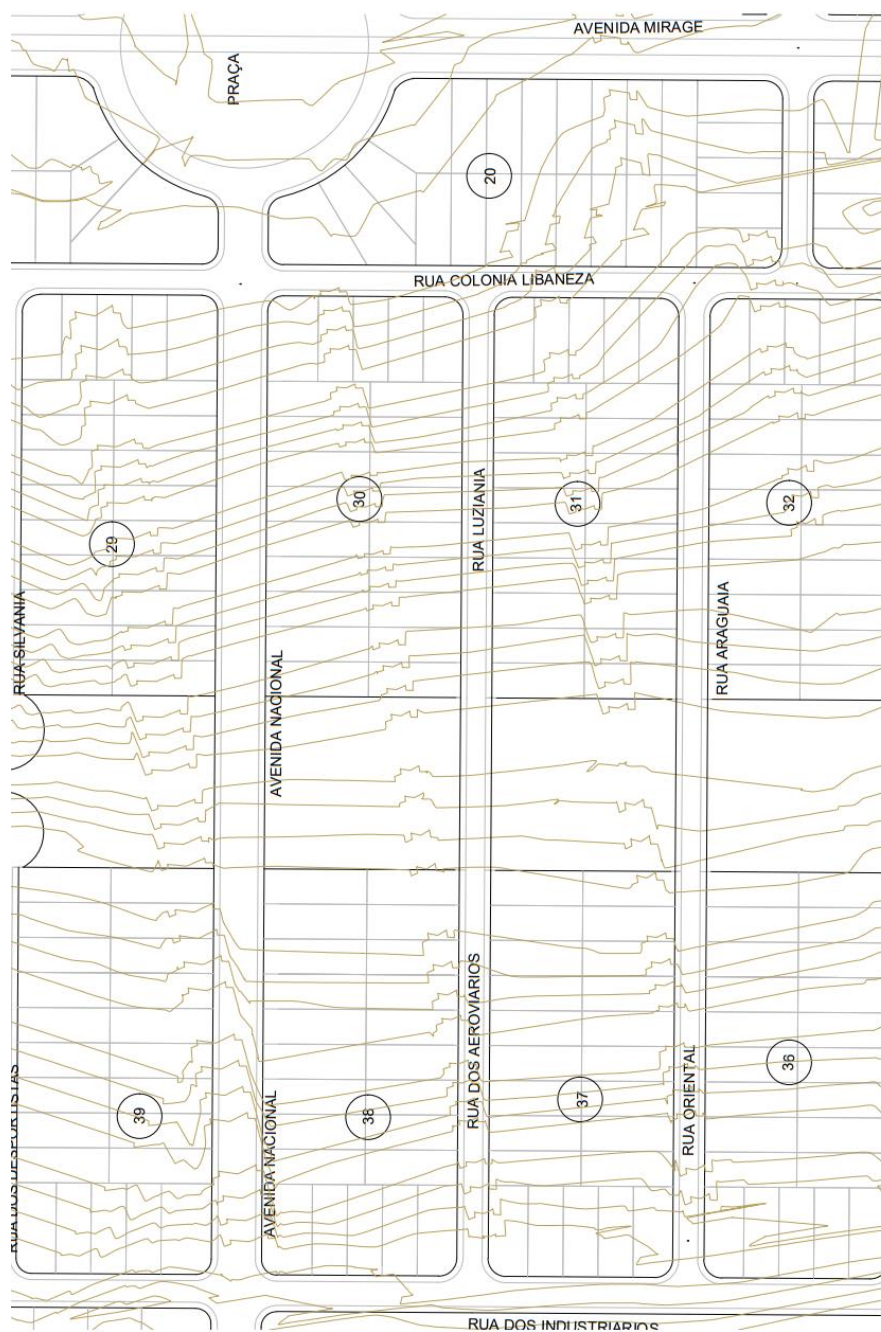


Fonte: (ADASA, 2018)

5. LEVANTAMENTO EM CAMPO

Foram obtidos os projetos dos lotes e curvas de níveis de Anápolis na Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos, conforme representado pela figura 13.

Figura 13 - Projeto dos lotes e curvas de níveis do bairro Polo Centro em Anápolis-GO



Fonte: Do autor

Para realizar o levantamento da microdrenagem do Polo Centro foram necessários utilizar trenas para obter as medidas dos elementos da microdrenagem e para realizar suas devidas locações. Na figura 14, mostra o levantamento das medidas de uma boca de lobo dupla na rua dos industriários.

Figura 14 - Levantamento das dimensões das bocas coletoras



Fonte: Do autor

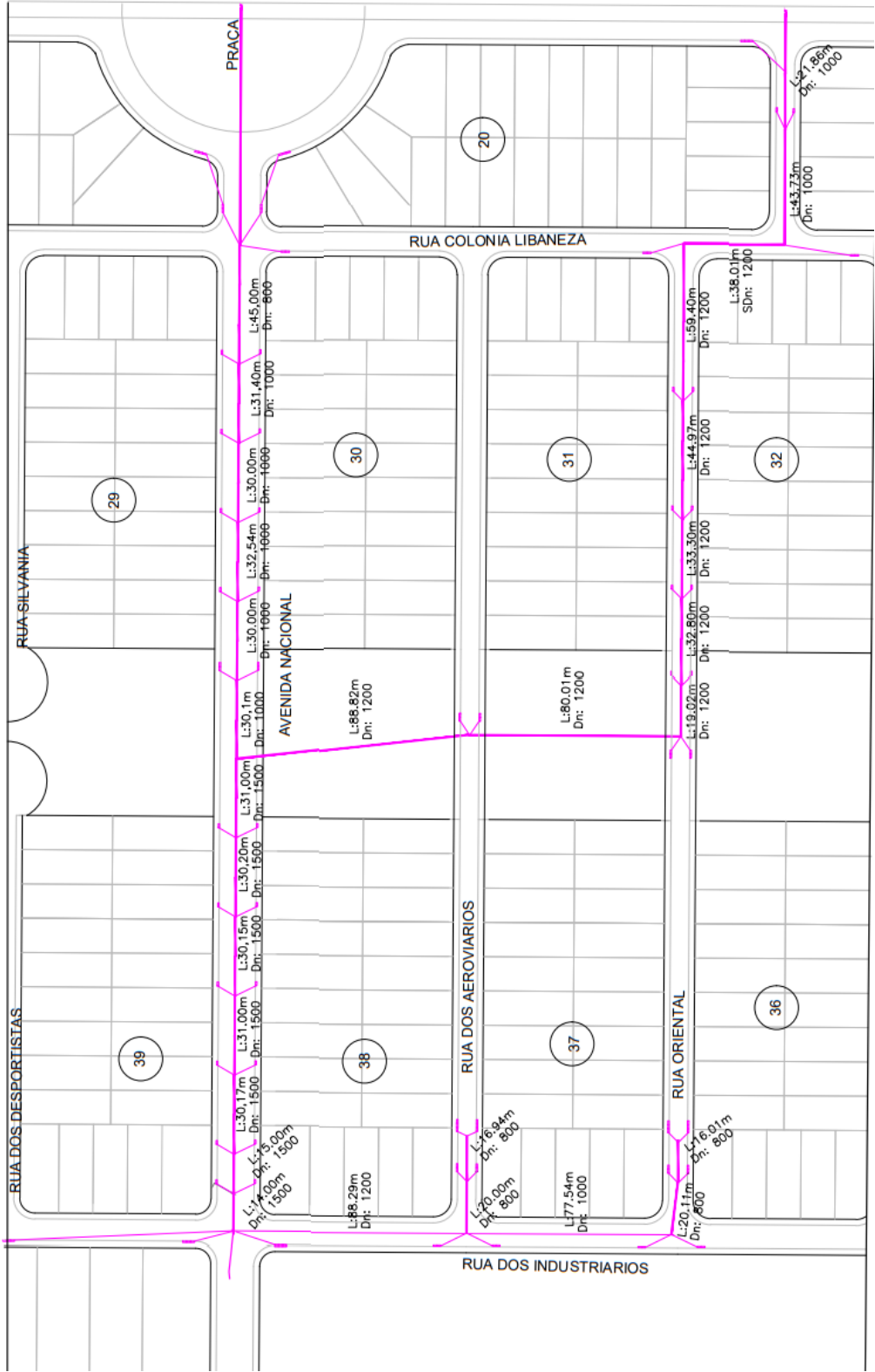
Figura 15 - Levantamento das dimensões das sarjetas



Fonte: Do autor

O projeto da microdrenagem da região estudada do Polo Centro está representado na figura 16.

Figura 16 - Levantamento da microdrenagem existente



Fonte: Do autor

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Coeficiente de escoamento

Para cálculo do coeficiente de escoamento foram feitos os levantamentos das áreas das residências, calçadas e ruas, o resultado está representado na tabela 4.

Tabela 3 - Cálculo coeficiente de runoff

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE RUNOFF			
COBERTURA	TOTAL	Coef. Runoff	
Residências	121.931,63	0,85	0,84
Calçadas	11.017,35	0,80	
Asfalto	20.738,92	0,83	

Fonte: Do autor

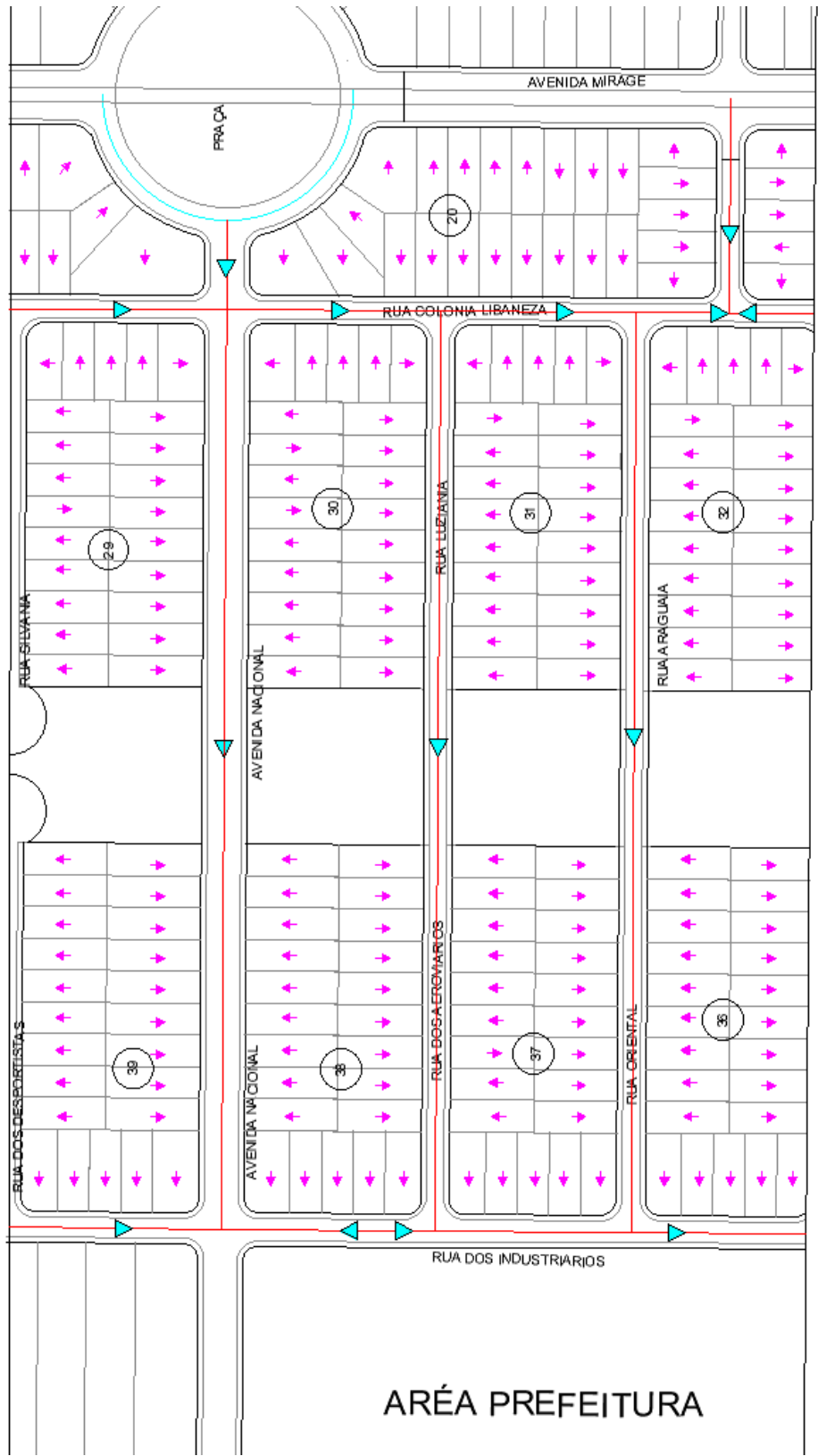
6.2 Microbacias de contribuição

Para cálculo das sarjetas, bocas coletoras e tubulação foram necessários criações de microbacias sendo necessário a execução das seguintes etapas:

- 1) Definição do caimento dos lotes e das ruas por análise das curvas de níveis, conforme representado pela figura 17
- 2) Divisão das microbacias, como representado pela figura 18
- 3) Levantamento da distância linear dos eixos das ruas de cada microbacia
- 4) Levantamento da área das microbacias

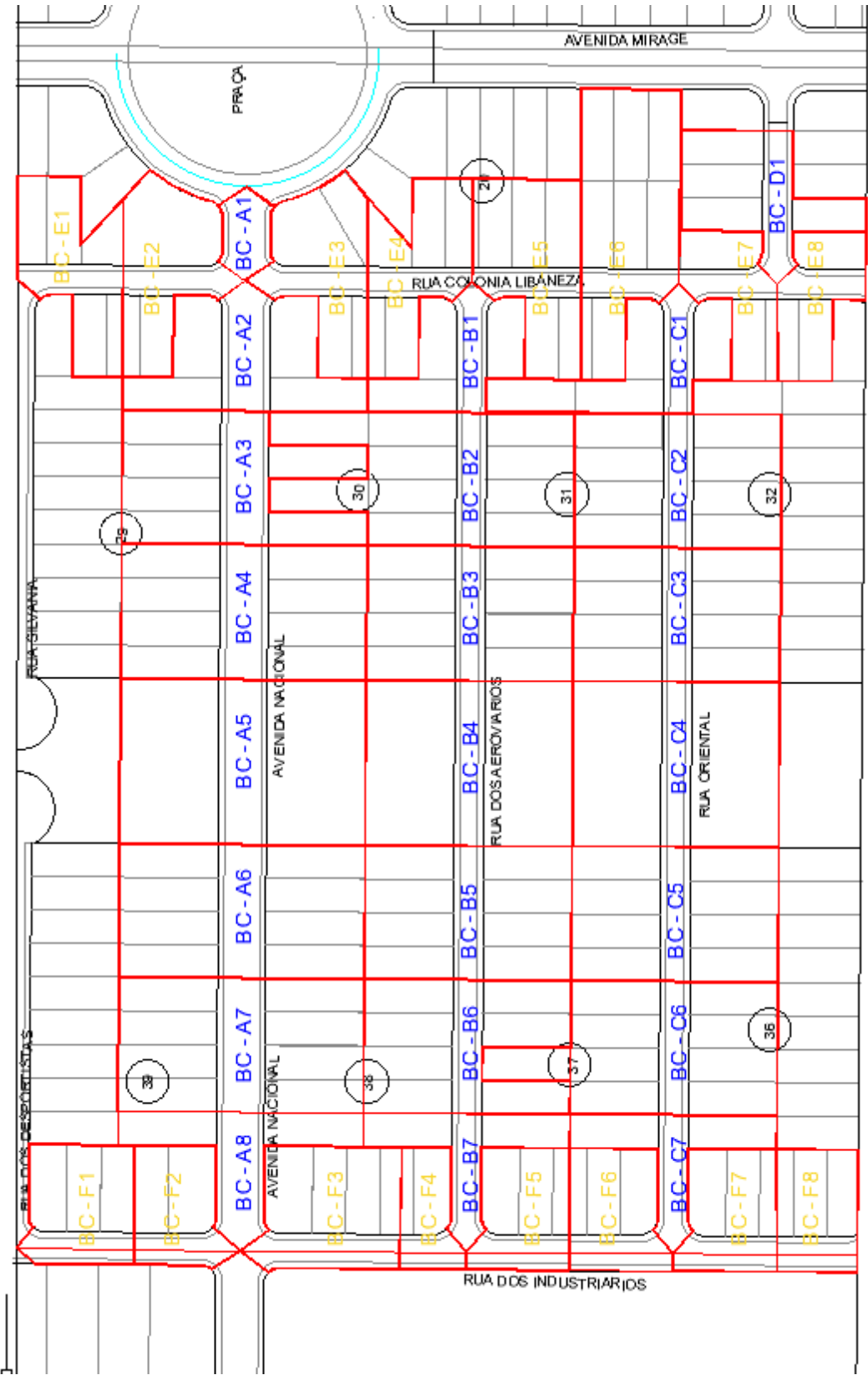
As metragens lineares das microbacias não foram superiores a 100 metros, para facilitar caso sejam necessárias futuras manutenções, os dados de extensão, área e área acumulada está disposta na tabela 5.

Figura 17 – Caimento das ruas e lotes



Fonte: Do autor

Figura 18 – Traçado das microbacias de contribuição



Fonte: Do autor

Tabela 4 - Levantamento das extensões e áreas das microbacias

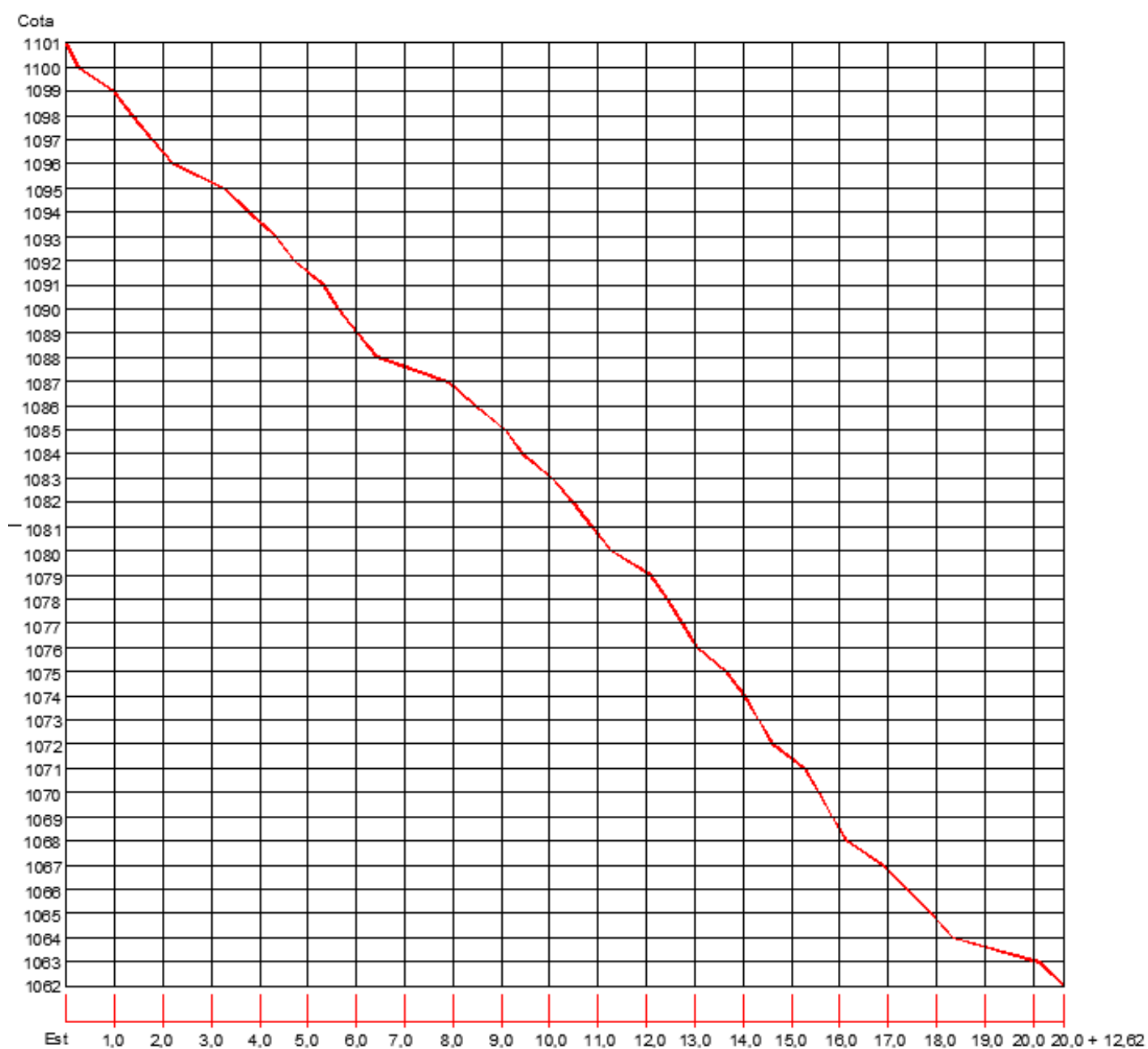
TRECHO		RUA	EXTENSÃO SEGMENTO (m)	ÁREA DA MICROBACIA	
				TRECHO (ha)	ACUM. (ha)
A	1	AV NACIONAL	36,5	0,06	1,86
A	2	AV NACIONAL	50,5	0,31	2,16
A	3	AV NACIONAL	52	0,39	2,56
A	4	AV NACIONAL	52	0,49	3,05
A	5	AV NACIONAL	64	0,61	3,66
A	6	AV NACIONAL	52	0,49	4,15
A	7	AV NACIONAL	52	0,49	4,65
A	8	AV NACIONAL	53,6	0,19	4,84
B	1	AEROVIÁRIOS	50,5	0,19	0,19
B	2	AEROVIÁRIOS	52	0,52	0,71
B	3	AEROVIÁRIOS	52	0,42	1,12
B	4	AEROVIÁRIOS	63,99	0,51	1,63
B	5	AEROVIÁRIOS	52	0,42	2,05
B	6	AEROVIÁRIOS	52	0,37	2,42
B	7	AEROVIÁRIOS	53,50	0,15	2,57
C	1	ORIENTAL	50,49	0,24	0,24
C	2	ORIENTAL	52,00	0,42	0,65
C	3	ORIENTAL	52,00	0,42	1,07
C	4	ORIENTAL	64,00	0,51	1,58
C	5	ORIENTAL	52,00	0,42	2,00
C	6	ORIENTAL	52,00	0,46	2,46
C	7	ORIENTAL	53,55	0,15	2,60
D	1	RUA POETA PAULO NUNES	59,50	0,23	0,23
E	1	RUA COLONIA LIBANEZA	40,83	0,22	0,22
E	2	RUA COLONIA LIBANEZA	47,54	0,23	0,45
E	3	RUA COLONIA LIBANEZA	47,48	0,22	0,67
E	4	RUA COLONIA LIBANEZA	40,17	0,22	0,88
E	5	RUA COLONIA LIBANEZA	42,02	0,26	1,14
E	6	RUA COLONIA LIBANEZA	37,95	0,37	1,51
E	7	RUA COLONIA LIBANEZA	38,10	0,14	1,65
E	8	RUA COLONIA LIBANEZA	34,18	0,15	1,80
F	1	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	45,43	0,19	0,19
F	2	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	41,13	0,15	0,34
F	3	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	61,74	0,26	0,60
F	4	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	25,70	0,10	3,17
F	5	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	39,89	0,17	3,33
F	6	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	40,10	0,17	6,10
F	7	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	40,30	0,17	6,27
F	8	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	31,07	0,15	6,42

Fonte: Do autor

6.3 Criação dos perfis das ruas

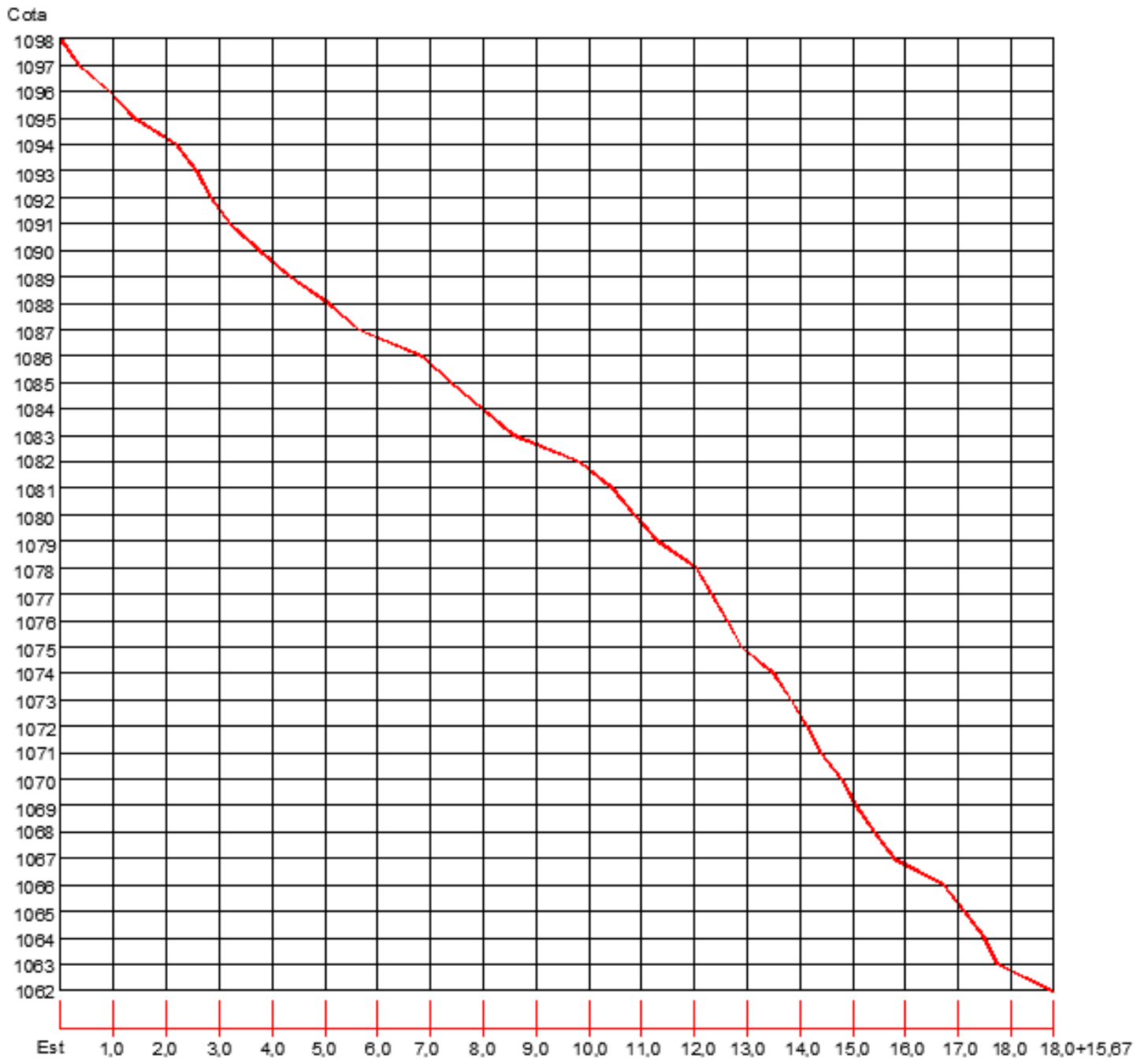
Para obter as cotas e inclinações das microbacias e dos poços de visita foram criados o perfil das ruas, como consta nas figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24.

Figura 19 – Perfil da Avenida Nacional



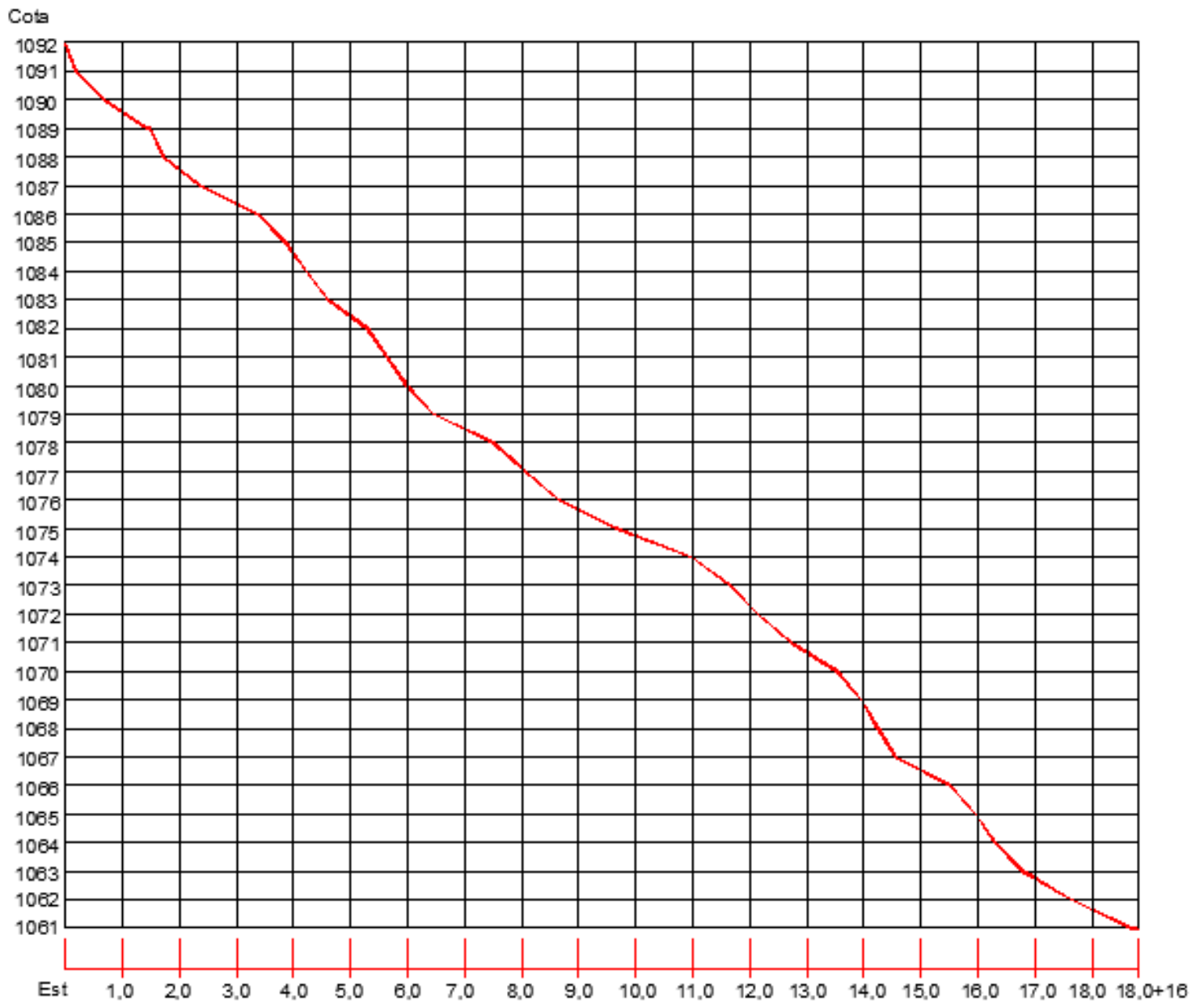
Fonte: Do autor

Figura 20 – Perfil da rua Oriental



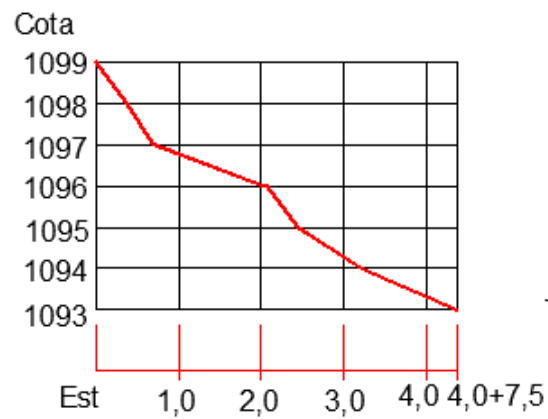
Fonte: Do autor

Figura 21 – Perfil da rua Aeroviários



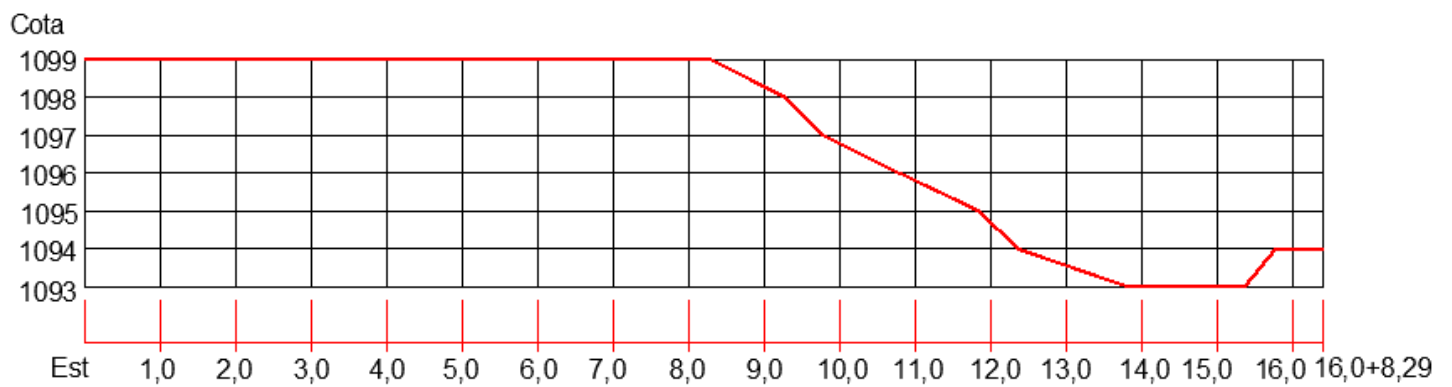
Fonte: Do autor

Figura 22 – Perfil da rua Poeta Paulo Nunes



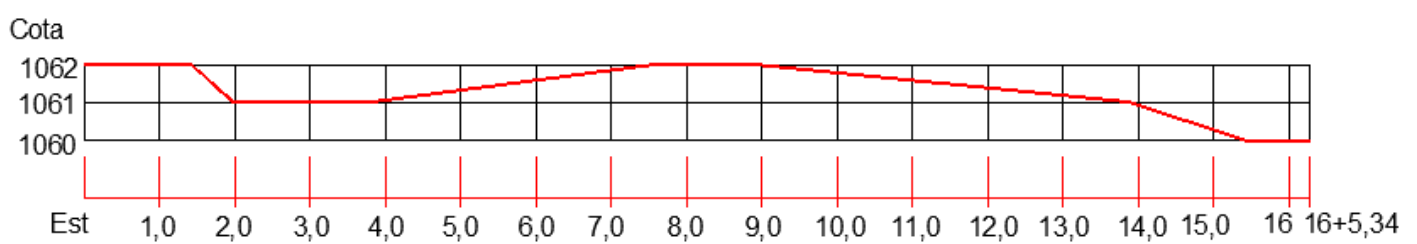
Fonte: Do autor

Figura 23 – Perfil da rua Colônia Libaneza



Fonte: Do autor

Figura 24 – Perfil da rua dos Industriários



Fonte: Do autor

As cotas e inclinações das microbacias e poços de visitas segue representado na tabela

5.

Tabela 5 - Levantamento das cotas do terreno e dos Poços de Visita

TRECHO		RUA	COTA TERRENO		PROFUNDIDADE DO PV		COTA DE FUNDO PV	
			MONTANTE (m)	JUSANTE (m)	MONTANTE (m)	JUSANTE (m)	MONTANTE (m)	JUSANTE (m)
A	1	AV NACIONAL	1101	1097	2,00	2,00	1099,000	1094,800
A	2	AV NACIONAL	1096,80	1092,90	2,00	2,00	1094,800	1090,900
A	3	AV NACIONAL	1092,90	1087,60	2,00	2,00	1090,900	1085,600
A	4	AV NACIONAL	1087,60	1083,80	2,00	2,00	1085,600	1081,800
A	5	AV NACIONAL	1083,80	1077,00	2,00	2,00	1081,800	1075,000
A	6	AV NACIONAL	1077,00	1070,70	2,00	2,00	1075,000	1068,700
A	7	AV NACIONAL	1070,70	1064,80	2,00	2,00	1068,700	1062,800
A	8	AV NACIONAL	1064,80	1062,00	2,00	2,00	1062,800	1060,000
B	1	AEROVIÁRIOS	1098,000	1093,250	2,00	2,00	1096,000	1091,250
B	2	AEROVIÁRIOS	1093,250	1088,900	2,00	2,00	1091,250	1086,900
B	3	AEROVIÁRIOS	1088,900	1084,400	2,00	2,00	1086,900	1082,400
B	4	AEROVIÁRIOS	1084,400	1079,800	2,00	2,00	1082,400	1077,800
B	5	AEROVIÁRIOS	1079,800	1073,800	2,00	2,00	1077,800	1071,800
B	6	AEROVIÁRIOS	1073,800	1066,700	2,00	2,00	1071,800	1064,700
B	7	AEROVIÁRIOS	1066,700	1062,000	2,00	2,00	1064,700	1060,000
C	1	ORIENTAL	1092,000	1086,800	2,00	2,00	1090,000	1084,800
C	2	ORIENTAL	1086,800	1082,300	2,00	2,00	1084,800	1080,300
C	3	ORIENTAL	1082,300	1077,600	2,00	2,00	1080,300	1075,600
C	4	ORIENTAL	1077,600	1074,100	2,00	2,00	1075,600	1072,100
C	5	ORIENTAL	1074,100	1070,000	2,00	2,00	1072,100	1068,000
C	6	ORIENTAL	1070,000	1064,500	2,00	2,00	1068,000	1062,500
C	7	ORIENTAL	1064,500	1061,000	2,00	2,00	1062,500	1059,000
D	1	RUA POETA PAULO NUNES	1099,000	1093,000	2,00	2,00	1097,000	1091,000
E	1	RUA COLONIA LIBANEZA	1099,000	1099,000	2,00	2,25	1097,000	1096,750
E	2	RUA COLONIA LIBANEZA	1099,000	1099,000	2,00	2,25	1097,000	1096,750
E	3	RUA COLONIA LIBANEZA	1099,000	1099,000	2,25	2,50	1096,750	1096,500
E	4	RUA COLONIA LIBANEZA	1099,000	1098,500	2,50	2,50	1096,500	1096,000
E	5	RUA COLONIA LIBANEZA	1098,500	1095,900	2,50	2,00	1096,000	1093,900
E	6	RUA COLONIA LIBANEZA	1095,900	1093,700	2,00	2,00	1093,900	1091,700
E	7	RUA COLONIA LIBANEZA	1093,700	1093,000	2,00	2,00	1091,700	1091,000
E	8	RUA COLONIA LIBANEZA	1094,000	1093,000	2,00	2,00	1092,000	1091,000
F	1	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1062,000	1061,000	2,00	2,00	1060,000	1059,000
F	2	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1061,300	1061,000	2,00	2,00	1059,300	1059,000
F	3	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1061,900	1061,000	2,00	2,00	1059,900	1059,000
F	4	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1061,000	1060,000	2,00	2,00	1059,000	1058,000
F	5	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1062,000	1061,700	2,00	2,00	1060,000	1059,700
F	6	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1061,700	1061,300	2,00	2,00	1059,700	1059,300
F	7	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1061,300	1060,500	2,00	2,00	1059,300	1058,500
F	8	RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	1060,500	1060,000	2,00	2,00	1058,500	1058,000

Fonte: Do autor

Na tabela 7, foram calculados a declividade das ruas e da tubulação, a fim de serem superiores a 0,5%, em trechos planos foram necessários aumentar a cota de fundo do PV para obter a inclinação. Foram calculados o deflúvio nas áreas pelo método racional que é dado pelo produto da intensidade das chuvas com coeficiente de escoamento e as áreas.

Tabela 6 - Cálculos da declividade da tubulação e ruas, deflúvio e diâmetro dos tubos

TRECHO		EXTENSÃO SEGMENTO (m)	DECLIVIDADE		COEF. RUNOFF %	INTENSIDADE DE CHUVA DE PROJETO		ÁREA DA MICROBACIA		DEFLÚVIO DIRETO NA ÁREA (m³/s)	DIÂMETRO CALCULADO (m)
			RUA (m/m)	TUBULAÇÃO (m/m)		(mm/h.m²)	(l/s.ha)	TRECHO (ha)	ACUM. (ha)		
A	1	36,5	0,115	0,115	84,00	130,35	362,07	0,06	1,86	0,56	0,37
A	2	50,5	0,077	0,077	84,00	130,35	362,07	0,31	2,16	0,66	0,42
A	3	52	0,102	0,102	84,00	130,35	362,07	0,39	2,56	0,78	0,42
A	4	52	0,073	0,073	84,00	130,35	362,07	0,49	3,05	0,93	0,48
A	5	64	0,106	0,073	84,00	130,35	362,07	0,61	3,66	1,11	0,52
A	6	52	0,121	0,121	84,00	130,35	362,07	0,49	4,15	1,26	0,49
A	7	52	0,113	0,113	84,00	130,35	362,07	0,49	4,65	1,41	0,52
A	8	53,6	0,052	0,052	84,00	130,35	362,07	0,19	4,84	1,47	0,61
B	1	50,5	0,094	0,094	84,00	130,35	362,07	0,19	0,19	0,06	0,16
B	2	52	0,084	0,084	84,00	130,35	362,07	0,52	0,71	0,21	0,27
B	3	52	0,087	0,087	84,00	130,35	362,07	0,42	1,12	0,34	0,32
B	4	63,99	0,072	0,072	84,00	130,35	362,07	0,51	1,63	0,50	0,38
B	5	52	0,115	0,115	84,00	130,35	362,07	0,42	2,05	0,62	0,38
B	6	52	0,137	0,137	84,00	130,35	362,07	0,37	2,42	0,74	0,39
B	7	53,50	0,088	0,088	84,00	130,35	362,07	0,15	2,57	0,78	0,44
C	1	50,49	0,103	0,103	84,00	130,35	362,07	0,24	0,24	0,07	0,17
C	2	52,00	0,087	0,087	84,00	130,35	362,07	0,42	0,65	0,20	0,26
C	3	52,00	0,090	0,090	84,00	130,35	362,07	0,42	1,07	0,32	0,31
C	4	64,00	0,055	0,055	84,00	130,35	362,07	0,51	1,58	0,48	0,40
C	5	52,00	0,079	0,079	84,00	130,35	362,07	0,42	2,00	0,61	0,41
C	6	52,00	0,106	0,106	84,00	130,35	362,07	0,46	2,46	0,75	0,42
C	7	53,55	0,065	0,065	84,00	130,35	362,07	0,15	2,60	0,79	0,46
D	1	59,50	0,101	0,101	84,00	130,35	362,07	0,23	0,23	0,07	0,17
E	1	40,83	0,006	0,006	84,00	130,35	362,07	0,22	0,22	0,07	0,29
E	2	47,54	0,005	0,005	84,00	130,35	362,07	0,23	0,45	0,14	0,38
E	3	47,48	0,005	0,005	84,00	130,35	362,07	0,22	0,67	0,20	0,45
E	4	40,17	0,012	0,012	84,00	130,35	362,07	0,22	0,88	0,27	0,42
E	5	42,02	0,050	0,050	84,00	130,35	362,07	0,26	1,14	0,35	0,36
E	6	37,95	0,058	0,058	84,00	130,35	362,07	0,37	1,51	0,46	0,39
E	7	38,10	0,018	0,018	84,00	130,35	362,07	0,14	1,65	0,50	0,50
E	8	34,18	0,029	0,029	84,00	130,35	362,07	0,15	1,80	0,55	0,47
F	1	45,43	0,022	0,022	84,00	130,35	362,07	0,19	0,19	0,06	0,21
F	2	41,13	0,007	0,007	84,00	130,35	362,07	0,15	0,34	0,10	0,33
F	3	61,74	0,015	0,015	84,00	130,35	362,07	0,26	0,60	0,18	0,35
F	4	25,70	0,039	0,039	84,00	130,35	362,07	0,10	3,17	0,96	0,55
F	5	39,89	0,008	0,008	84,00	130,35	362,07	0,17	3,33	1,01	0,76
F	6	40,10	0,010	0,010	84,00	130,35	362,07	0,17	6,10	1,86	0,91
F	7	40,30	0,020	0,020	84,00	130,35	362,07	0,17	6,27	1,91	0,81
F	8	31,07	0,016	0,016	84,00	130,35	362,07	0,15	6,42	1,95	0,85

Pela equação (2), foram calculados a capacidade de condução das sarjetas, em trechos que a vazões de contribuições foram maiores que a capacidade de condução das sarjetas foram necessários colocar bocas coletoras. A quantidade de bocas coletoras é definida dividindo a vazão de contribuição pela vazão de engolimento das bocas coletoras, foram utilizadas bocas de lobo. Visando a acessibilidade, nas esquinas foram locadas bocas coletoras. Os resultados estão dispostos na tabela 8.

Tabela 7 - Cálculo capacidade condução das sarjetas, números de bocas coletoras

TRECHO		SARJETA					
		VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO		CAPACIDADE DE CONDUÇÃO	Nº BOCAS COLETORAS	ALTURA DA LÂMINA (Y)	VELOCIDADE
		DIRETA (m³/s)	ACUM. (m³/s)				
		(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	0,05 m³/s	(m)	(m/s)
A	1	0,02	0,02	0,45	2	0,03	1,54
A	2	0,09	0,09	0,37		0,06	2,02
A	3	0,12	0,21	0,43		0,07	2,76
A	4	0,15	0,36	0,36	8	0,09	2,78
A	5	0,18	0,18	0,44		0,07	2,71
A	6	0,15	0,34	0,47		0,08	3,30
A	7	0,15	0,49	0,45	10	0,10	3,53
A	8	0,06	0,06	0,31		0,05	1,56
B	1	0,06	0,06	0,41		0,05	2,12
B	2	0,16	0,22	0,39		0,09	2,81
B	3	0,13	0,34	0,39		0,10	3,19
B	4	0,16	0,50	0,36	10	0,12	3,27
B	5	0,13	0,13	0,46		0,07	2,77
B	6	0,11	0,24	0,50	2	0,08	3,46
B	7	0,05	0,05	0,40		0,05	1,93
C	1	0,07	0,07	0,43		0,05	2,31
C	2	0,13	0,20	0,39		0,08	2,78
C	3	0,13	0,32	0,40		0,10	3,20
C	4	0,16	0,48	0,31	10	0,13	2,92
C	5	0,13	0,13	0,38		0,07	2,40
C	6	0,14	0,27	0,44	2	0,09	3,23
C	7	0,05	0,05	0,34		0,05	1,73
D	1	0,07	0,07	0,43		0,05	2,27
E	1	0,07	0,07	0,10		0,05	0,78
E	2	0,07	0,14	0,10	3	0,12	0,89
E	3	0,07	0,07	0,10		0,09	0,75
E	4	0,07	0,13	0,15		0,09	1,22
E	5	0,08	0,21	0,30		0,09	2,31
E	6	0,11	0,32	0,32	7	0,11	2,71
E	7	0,04	0,04	0,18		0,10	1,07
E	8	0,04	0,09	0,23		0,07	1,51
F	1	0,06	0,06	0,20		0,07	1,22
F	2	0,05	0,10	0,11		0,10	0,94
F	3	0,08	0,18	0,16	4	0,11	1,40
F	4	0,03	0,03	0,26		0,05	1,28
F	5	0,05	0,08	0,12		0,09	0,89
F	6	0,05	0,13	0,13		0,09	0,89
F	7	0,05	0,18	0,19		0,11	1,12
F	8	0,05	0,23	0,17	5	0,12	1,53

Fonte: Do autor

Para cálculo dos diâmetros das galerias foram utilizados a equação (3), os resultados estão apresentados na tabela 7, na tabela 9 estão os resultados dos diâmetros comerciais das galerias e suas velocidades.

Tabela 8 - Diâmetro comerciais e cálculos da velocidade das águas nas galerias

TRECHO		TUBULAÇÃO				
		DIÂMETRO ADOTADO (m)	VELOCIDADE			VAZAO MÁXIMA (0,95D) (m³/s)
			MÍN. CALCULADA (m/s)	NO SEGMENTO (m/s)	SEÇÃO PLENA (m/s)	
A	1	0,60	1,109	5,320	7,366	2,239
A	2	0,60	1,211	4,759	6,035	1,834
A	3	0,60	1,220	5,506	6,933	2,107
A	4	0,60	1,329	5,080	5,870	1,784
A	5	0,60	1,391	5,316	5,870	1,784
A	6	0,60	1,211	5,959	7,559	2,297
A	7	0,60	1,249	5,948	7,315	2,223
A	8	0,80	1,555	5,027	6,013	3,248
B	1	0,60	0,643	2,790	6,660	2,024
B	2	0,60	0,906	3,706	6,281	1,909
B	3	0,60	1,013	4,214	6,388	1,941
B	4	0,60	1,139	4,319	5,822	1,769
B	5	0,60	1,136	5,458	7,377	2,242
B	6	0,60	1,132	5,918	8,024	2,439
B	7	0,60	1,244	5,214	6,437	1,956
C	1	0,60	0,672	3,048	6,969	2,118
C	2	0,60	0,885	3,680	6,388	1,941
C	3	0,60	0,995	4,232	6,529	1,984
C	4	0,60	1,169	3,865	5,078	1,543
C	5	0,60	1,184	4,700	6,098	1,853
C	6	0,60	1,202	5,527	7,063	2,146
C	7	0,60	1,295	4,683	5,552	1,687
D	1	0,60	0,667	2,995	6,896	2,096
E	1	0,60	0,937	1,037	1,699	0,516
E	2	0,60	1,141	1,170	1,575	0,479
E	3	0,60	1,263	1,296	1,576	0,479
E	4	0,60	1,217	1,920	2,423	0,736
E	5	0,60	1,090	3,447	4,855	1,475
E	6	0,60	1,147	3,906	5,229	1,589
E	7	0,60	1,355	2,597	2,944	0,895
E	8	0,60	1,306	3,158	3,714	1,129
F	1	0,60	0,771	1,618	3,222	0,979
F	2	0,60	1,027	1,240	1,855	0,564
F	3	0,60	1,082	1,848	2,622	0,797
F	4	0,60	1,451	4,048	4,284	1,302
F	5	0,80	1,805	2,214	2,281	1,233
F	6	1,00	2,027	2,863	3,049	2,574
F	7	1,00	1,872	3,731	4,301	3,631
F	8	1,00	1,933	3,469	3,873	3,269

Fonte: Do autor

A tabela 10, representa o comparativo entre as bocas de lobos que existem na região do Polo Centro com o número de bocas de lobo que foram calculadas. No campo “DIFERENÇA QTD. ORIGINAL P/ CALCULADA” resultados positivos são a quantidade de bocas coletoras que existem além da quantidade necessária, os resultados negativos representa a quantidade de bocas coletoras que devem ser acrescidas.

Tabela 9 - Comparativo entre a quantidade de bocas coletoras existentes com a quantidade calculada

	Nº DE BOCAS DE LOBO		DIFERENÇA QTD. ORIGINAL P/ CALCULADA
	PROJETO ORIGINAL	CALCULADAS	
AV. NACIONAL	28	20	8
RUA AEROVIÁRIOS	14	12	2
RUA ORIENTAL	24	12	12
RUA POETA PAULO NUNES	2	2	0
RUA COLONIA LIBANEZA	6	10	-4
RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	14	9	5

Fonte: Do autor

Como na tabela 10, a tabela 11 refere a um comparativo entre a quantidade de poços de visita que existem na região do Polo Centro com a quantidade de PVs calculados.

Tabela 10 - Comparativo entre a quantidade de poços de visita existentes com a quantidade calculada

	Nº DE POÇOS DE VISITA		DIFERENÇA QTD. ORIGINAL P/ CALCULADA
	PROJETO ORIGINAL	CALCULADAS	
AV. NACIONAL	14	9	5
RUA AEROVIÁRIOS	4	4	0
RUA ORIENTAL	9	4	5
RUA POETA PAULO NUNES	2	2	0
RUA COLONIA LIBANEZA	3	8	-5
RUA DOS INDUSTRIÁRIOS	4	7	-3

Fonte: Do autor

Foram possíveis reduções significativas nas quantidades de bocas coletoras e poços de visitas. Como o terreno tem uma inclinação íngreme, a energia potencial das águas é convertida em energia cinética, sendo possível as águas percorrem mais tempo em escoamento livre sem transpassarem as alturas limites do meio fio. Na figura 25, segue o projeto remodelado de microdrenagem contendo a forma mais econômica, segura e acessível para a região do Polo Centro em Anápolis-GO.

Figura 25 - Reconstrução da microdrenagem do bairro Polo Centro



Fonte: Do autor

7. Conclusão

Após levantar todo o sistema de microdrenagem existente no Polo Centro, e comparar com as quantidades calculadas fica evidente que atende todos os padrões de segurança, entretanto a microdrenagem executada no Polo Centro está exageradamente superior as quantidades que seriam necessárias para suportar a demanda das águas pluviais. O excesso de sistema drenantes são prejudiciais financeiramente, pois onera o valor da construção, tanto por aumentar a quantidade de materiais gastos, como a quantidade de mão de obra para execução.

Ao analisar os resultados obtidos dos cálculos, todos padrões de segurança como velocidades máximas e mínima, altura das lâminas de água nas sarjetas, capacidade de engolimento das bocas coletoras estão sendo cumpridos.

Embora tenha sido calculado os diâmetros das galerias não foram possíveis fazer comparações com as galerias existentes, pois elas transportam águas de outras áreas de influência, sendo seus diâmetros superiores.

8. REFERÊNCIAS

- ADASA. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal**. Brasília/DF: [s.n.], 2018.
- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, p. 341-343, 2011.
- AMORIM, M. C. D. C. T. Ilhas de Calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente/SP, v. 1, n. 1, Dezembro 2005.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CEMBRANO, G. et al. Optimal control of urban drainage systems. A case study. **Control Engineering Practice**, p. 1-9, 2004.
- DNIT. **Drenagem - Meios-fios e guias - Especificação de serviços**. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- DNIT, D. N. D. I. E. T.-. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.
- EPA. **Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices**. [S.l.]: Environmental Protection Agency, EUA, 2008.
- GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: Como mitigar zonas de calor em área urbana**. São Paulo/SP: Oficina de Textos , 2010.
- PAZ, A. R. D. P. A. R. D. **Hidrologia Aplicada**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>.
- POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, p. 15-23, 2000.
- SCHMITT, T. G.; THOMAS, M.; ETTRICH, N. Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. **Journal of Hydrology**, p. 300-311, 2004.

SEMADENI-DAVIES, A. et al. The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. **Journal of Hydrology**, p. 100-113, 2008.

SINAPI. **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. [S.l.]: [s.n.], 2016.

TOMAZ, P. Cálculos hidrológicos e hidráulicos para, 2010. Disponível em: <www.pliniotomaz.com>. Acesso em: 05 fevereiro 2021.

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre/RS, v. 11, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 2001.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf>>.

ANEXO A – Relatório fotográfico do bairro Polo Centro em Anápolis-GO

Figura 24 – Av. Nacional encontro com a rótula



Fonte: Do autor

Figura 25 – Boca de lobo dupla na Av. Nacional



Fonte: Do autor

Figura 26 – Seguimento Av. Nacional



Fonte: Do autor

Figura 27 – Boca de lobo simples na Av. Nacional



Fonte: Do autor

Figura 28 – Bocas de lobo triplas no encontro da Av. Nacional com rua dos Industriários



Fonte: Do autor

Figura 29 – Boca de lobo dupla na rua dos Industriários



Fonte: Do autor

Figura 30 – Bocas de lobo duplas na rua Aeroviários



Fonte: Do autor

Figura 31 – Bocas de lobo dupla na rua Oriental



Fonte: Do autor