

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

YOHAN VINÍCIUS ROCHA LANUTI

**AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE LUIZIANA-PR**

CAMPO MOURÃO

2018

YOHAN VINÍCIUS ROCHA LANUTI

**AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE LUIZIANA-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO
DE LUIZIANA-PR**

por

YOHAN VINÍCIUS ROCHA LANUTI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14 horas do dia 25 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Paulo Henrique Rodrigues

((UTFPR))

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

(UTFPR)

Prof^a. Dra. Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades e concluir esta graduação.

Aos meus pais, Aparecido e Neusa, e irmãos, José Eduardo e Yuri Gabriel, que me deram apoio, em todos os momentos, para que esta conquista fosse realizada. São minha base. Meu tudo.

Aos meus amigos que estiveram presente nos momentos mais difíceis e mais alegres em Campo Mourão, em especial à “Ceia dos Parças”, e àqueles que de outras cidades também contribuíram compartilhando ideias, dando palavras de apoio.

À minha orientadora Prof^a Dra Paula Cristina de Souza que aceitou minha proposta, aconselhou-me da melhor forma possível em todas as etapas deste projeto e foi a peça chave para que este trabalho fosse concluído. Meu muito obrigado, professora.

E à Universidade Tecnológica Federal do Paraná que proporcionou um grupo de professores capacitados e uma infraestrutura adequada para qualquer prática de ensino realizada dentro e fora do Câmpus Campo Mourão.

RESUMO

LANUTI, YOHAN V. R. **Avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana – PR.** 2018. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

A drenagem urbana é parte fundamental no planejamento das cidades, tanto para evitar conflitos com as futuras expansões de áreas residenciais e comerciais, quanto para conter problemas de alagamento, mobilidade de veículos e destruição de áreas construídas. O método racional é empregado para o dimensionamento das peças integrantes desta rede de águas pluviais, abordando as características do solo local (relevo e permeabilidade), áreas contribuintes para o escoamento dos fluidos, intensidade das precipitações locais e as distâncias dos trechos nos quais são implantadas as tubulações. Seus resultados informam o diâmetro adequado para a região em estudo e a disposição dos poços de visitas, pois os cálculos devem estar dentro de certos limites quanto à altura da lâmina d'água e a velocidade do escoamento do fluido. Baseado nestas premissas, o presente trabalho abordou, como objetivo, a avaliação da rede de drenagem do município de Luiziana, localizado à Noroeste do Estado do Paraná, através de uma simulação de projeto de um trecho da área central da cidade. Verificou-se que a tubulação implantada, 600 mm, atribuindo a existência de três emissários locais, não está adequada quanto à vazão que ela recebe, podendo ocorrer extravasamento em algumas partes da rede, afogamento dos tubos e erosões no solo com o descarte incorreto das águas pluviais. O dimensionamento apontou que as tubulações adequadas para o local são as de diâmetro de 1000 e 1200 mm.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Águas Pluviais. Tubulação.

ABSTRACT

LANUTI, YOHAN V. R. **Evaluation of the urban drainage network in the central area of the city Luiziana, Paraná, Brazil.** 2018. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

Urban drainage is a key part of city planning, in order to avoid conflicts with future expansions of residential and commercial areas, and to contain problems of flooding, vehicle mobility, and destruction of built-up areas. The rational method is used to dimensioning pieces of this rainwater network, addressing local soil characteristics (relief and permeability), areas contributing to the flow of fluids, local precipitation intensity and the distances of the stretches in which the pipes are implanted. Their results inform the suitable diameter for the region being studied and the layout of the visit wells, since the calculations must be within certain limits as to the height of the water slide and the speed of the flow of the fluid. Based on these premises, the objective of this work was to evaluate the drainage network of the city of Luiziana, located northwest of the State of Paraná, through a project simulation of a section of the central area of the city. It was verified that the implanted tubing, 600 mm, attributing the existence of three local emissaries, is not adequate for the flow that it receives, being able to occur extravasation in some parts of the network, drowning of the pipes and erosions in the ground with the incorrect disposal of rainwater. The sizing indicated that the pipes suitable for the spot are those with a diameter of 1000 and 1200 mm.

Keywords: Urban Drainage. Rainwater. Tubing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vazões máximas em vários tipos de coberturas terrestres.....	15
Figura 2 - Veículo Submerso em Caieiras/SP	16
Figura 3 - Localização do Município de Luiziana.....	19
Figura 4 - Trecho da Área Central de Luiziana.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População urbana e rural entre os anos de 1960 e 2010.....	13
Tabela 2 – Valores limites de área	18
Tabela 3 – Valores de Coeficiente de Runoff.....	22

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Coeficiente de Runoff.....	22
Equação 2 - Intensidade Média da Chuva	23
Equação 3 - Constante "K"	24
Equação 4 - Ângulo Central da Superfície Livre.....	24
Equação 5 - Altura da Lâmina D'água.....	25
Equação 6 - Área Molhada.....	25
Equação 7 - Velocidade de Escoamento	25
Equação 8 - Tempo de Percurso.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
4.1 Crescimento Urbano	13
4.2 Bacia Hidrográfica	14
4.3 Drenagem Urbana	15
4.3.1 Inundações	16
4.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana	17
4.5 Método Racional	17
5 METODOLOGIA	19
5.1 Localização	19
5.2 Levantamento Teórico	20
5.3 Visitas in Loco	20
5.4 Avaliação da rede de Drenagem	20
5.5 Redimensionamento da Rede de Drenagem	21
5.5.1 Coeficiente de Runoff.....	21
5.5.2 Intensidade média da chuva.....	23
5.5.3 Área de drenagem da bacia	23
5.5.4 Constante “K”	24
5.5.5 Ângulo central da superfície livre	24
5.5.6 Altura da lâmina d’água.....	24
5.5.7 Área molhada	25
5.5.8 Velocidade de escoamento	25
5.5.9 Tempo de Percurso	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
6.1 Obtenção dos Dados	27
6.2 Simulação da Rede com Três Emissários	28
6.3 Tubulação Implantada	28
6.4 Tubulação Dimensionada	29

7 CONCLUSÃO	30
ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é baseada num conjunto de elementos responsáveis pelo escoamento das precipitações formadoras das bacias hidrográficas, segundo algumas características do próprio local como relevo e solo, ou mesmo das transformações inseridas no ambiente devido ao crescimento urbano, como pavimentação e construções (MARTINS, 2012).

A aplicação de um bom planejamento de drenagem é de extrema importância para que não ocorra as cheias urbanas, pois afeta diretamente toda a população, podendo causar grandes estragos, como por exemplo, os alagamentos. Estes prejudicam diretamente a mobilidade de veículos e pessoas, são vias para a transmissão de doenças através do contato com a água contaminada e destroem as áreas construídas. (REZENDE et al., 2013).

A avaliação da rede de drenagem urbana de uma localidade é relevante para a verificação e eficiência do processo construtivo aplicado, além de ser parâmetro base para futuras alterações de projeto, já que a urbanização e a impermeabilização são processos contínuos e acelerados, pois não seguem uma linearidade.

O dimensionamento aplicado para essa análise do manejo de águas pluviais do centro de Luiziana foi realizado pelo método racional de cálculo e comparado aos dados obtidos na construção implantada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar, através do método racional, a rede de drenagem pluvial na área central do município de Luiziana-PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento arquitetônico “*in loco*” da bacia de drenagem urbana existente na área central do município de Luiziana-PR;
- Verificar o índice pluviométrico, as áreas de drenagem e o escoamento de águas pluviais do local em análise;
- Simular uma rede de drenagem urbana para a área definida com três pontos de descarte (emissários);
- Dimensionar as tubulações e vazões através do método racional de cálculo; e
- Comparar os resultados obtidos no método com os dados obtidos “*in loco*” do sistema construtivo implantado no bairro.

3 JUSTIFICATIVA

O intenso crescimento do processo de urbanização afeta diretamente na necessidade de adaptação à um determinado meio. Processos de transformações locais, como o planejamento urbano, são aplicados a fim de proporcionar à população condições básicas de sobrevivência além de um maior conforto.

Outro exemplo de processos de transformações locais é o manejo de águas pluviais, cujo estudo, quando realizado com precisão e qualidade, evita inundações, as quais causam danos em relação à dificuldade do traslado de pessoas e passagem de veículos, além dos bens materiais afetados e questões de saúde pública.

O dimensionamento das galerias de águas pluviais pode ser realizado através do método racional, desenvolvido por Mulvaney em 1851, cujo modelo de aplicação contrapõe os antigos, pois se emprega de forma racional e não empírica. Através do cálculo da vazão de pico de uma determinada área drenante, faz-se relações quanto ao seu escoamento superficial, às chuvas e ao sistema implantado para o manejo de águas pluviais (TOMAZ, 2013).

A rede de drenagem urbana de Luiziana foi utilizada como objeto de estudo a fim de levantar os dados da tubulação implantada na cidade e verificar a coerência construtiva em relação ao dimensionado, em vista de um processo erosivo que estava ocorrendo no local: a formação de uma voçoroca.

O dimensionamento e estudo realizados, através do método racional de cálculo, tem o intuito de proporcionar à cidade de Luiziana uma gama de dados importantes para uma prevenção de problemas futuros relacionados à rede de drenagem urbana.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Crescimento Urbano

O crescimento urbano é uma das consequências da Segunda Guerra Mundial, onde países participantes, direta ou indiretamente, passaram por transformações sócio-econômicas. O atraso em técnicas agrícolas nos países capitalistas subdesenvolvidos, comparados aos outros, influenciou numa rápida urbanização a fim de atender as necessidades do mundo industrializado, preocupando-se com as questões do comércio, saúde pública, educação e transporte (CANO, 1989).

A população urbana brasileira, a partir da década de 70, apresentou maior índice de crescimento em relação à população rural, que mesmo tendo um acréscimo entre as décadas de 60 a 70, foi reduzindo após esse período.

A Tabela 1 apresenta o censo demográfico realizado a cada 10 anos entre os anos de 1960 e 2010.

Tabela 1 – População urbana e rural entre os anos de 1960 e 2010

Ano	População em nº de pessoas	
	Urbana	Rural
1960	32.004.817	38.987.526
1970	52.904.744	41.603.839
1980	82.013.375	39.137.198
1991	110.875.826	36.041.633
2000	137.755.550	31.835.143
2010	160.925.792	29.830.007

Fonte: Adaptado do IBGE (2017).

Houve uma transição da população para os centros urbanos de forma acelerada e não planejada, ocasionando um acúmulo populacional em um pequeno espaço de terra (MUELLER e MARTINE, 1997).

A concentração desordenada da população ativou uma exploração intensa das áreas para manutenção das condições básicas da sociedade, sem uma preocupação com o tratamento dos recursos naturais e planejamento urbano, ocasionando um não acompanhamento dos impactos como: poluição dos recursos hídricos, inundações de áreas impermeabilizadas e despejo inadequado de resíduos sólidos (TUCCI, 2008).

O processo de urbanização deve seguir aliado às práticas de conscientização do uso do solo urbano e dos recursos hídricos, já que as alterações de escoamento superficial e as mudanças construtivas em um ambiente necessitam de um bom planejamento urbano.

4.2 Bacia Hidrográfica

Segundo Barrella, 2001, a bacia hidrográfica é uma área drenada por um rio e suas ramificações, sendo identificada por locais mais altos, com fronteiras hídricas, por onde haverá o escoamento das águas da chuva, atingindo porções mais baixas e formando os rios e riachos.

O estudo dessas bacias se torna amplo quando a mesma faz parte de um local com diferentes fatores climatológicos e de relevo, podendo ser dividida em pedaços menores para análise mais precisa dos monitoramentos ambientais e planejamento urbano, chamadas microbacias (TEODORO *et al.*, 2007).

As microbacias, por apresentarem um espaço delimitado e características mais uniformes comparadas às bacias hidrográficas, permitem um estudo mais aplicado quanto à porcentagem de impermeabilização do solo e suas características, às diferentes intensidades pluviométricas e à qualidade da água escoada.

O dimensionamento da rede de drenagem urbana tomou, como base, a contribuição de várias microbacias em relação a um espaço, este sendo analisado e projetado segundo as vazões de pico das chuvas a o planejamento urbano implantado.

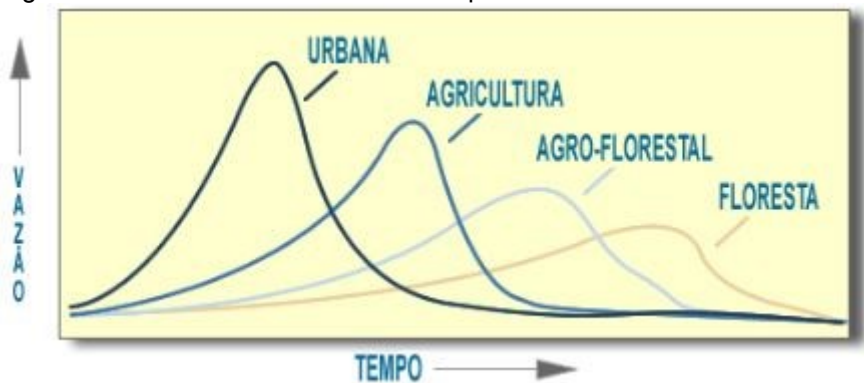
4.3 Drenagem Urbana

O processo de drenagem urbana é implantado desde a Idade Antiga quando os povos destinavam o escoamento das águas pluviais diretamente aos rios e córregos. Com o tempo, em meados do século XVIII, em alguns países da Europa foi verificado que pessoas ficavam doentes quando próximas à essas áreas úmidas, nas quais haviam carregado todos os tipos de dejetos, pois não havia uma preocupação com o correto direcionamento dessas águas (TUCCI *et al.*, 2012).

O processo de urbanização afeta diretamente em mudanças que devem ser tomadas como parâmetros para o estudo da drenagem urbana de um local, como: a impermeabilização das áreas de escoamento pluvial, conseqüentemente o aumento do tempo de pico e da vazão por diminuição das áreas permeáveis, e a deposição de dejetos em locais inapropriados, entupindo locais de passagem para a água da chuva, além de carregar doenças quando estas têm contato com as redes de esgoto clandestino (TUCCI, 1995).

A Figura 1 mostra o hidrograma unitário de um local mais impermeabilizado (cobertura urbana) e de locais mais permeáveis, onde a água percola pela superfície e no solo (cobertura de florestas). Essa rápida vazão em pouco tempo na cobertura urbana facilita o processo de enchentes, já que as tubulações recebem uma vazão maior do que a dimensionada em um pequeno espaço de tempo.

Figura 1 - Vazões máximas em vários tipos de coberturas terrestres



Fonte: Couto (2008)

4.3.1 Inundações

As inundações são ocorrências de transbordo de água, na qual a capacidade máxima de algum córrego, rio ou galeria pluvial em relação ao volume comportado é ultrapassado, atingindo regiões como zonas ribeirinhas ou mesmo áreas urbanizadas por casas, redes de transporte, indústrias, lojas, dentre outros estabelecimentos.

Segundo a Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UN/ISDR), ao longo da última década, aproximadamente 250 milhões de pessoas foram afetadas por inundações. Atualmente, as enchentes são o risco de desastre mais generalizado e crescente nas áreas urbanas.

Dois tipos de inundações são destacados por Tucci (1999): as ribeirinhas e as devido à urbanização. A primeira ocorre através do alagamento de áreas no entorno dos córregos, por não penetrar ao solo de forma natural e escoar pelos condutos de drenagem. A segunda acontece devido às transformações do ambiente realizadas pelo homem como a impermeabilização de áreas e disposição de canais de escoamento implantados. Ambas podem ocorrer em conjunto ou isoladas.

A Figura 2 retrata uma inundação devido à urbanização na cidade de Caieiras – SP.

Figura 2 - Veículo Submerso em Caieiras/SP



Fonte: G1 Globo (2016)

Segundo Tucci (1999), no Brasil, não existem programas sistemáticos de controle de enchentes que abordem seus diferentes aspectos, algumas cidades se mobilizam de forma isolada.

Uma das estratégias para controle dessas inundações é a criação de Planos Diretores de Drenagem Urbana, nas quais as cidades seguem modelos elaborados por profissionais da área de desenvolvimento e crescimento urbano, aliados à tecnologia existente e ao apoio dos órgãos públicos, a fim de evitar que problemas como as inundações afetem à população (TUCCI, 2000).

4.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O Plano Diretor é um estudo realizado por órgãos responsáveis pela gestão da drenagem urbana de um local com a participação do poder público, na qual visa a aplicação de métodos preventivos quanto aos impactos gerados pelo escoamento de águas pluviais (TUCCI, 1997).

A elaboração do plano exige conhecimento da bacia hidrográfica que abastece a cidade, da infraestrutura aplicada na rede de esgoto e distribuição de água, das características do solo, das áreas que devem ser preservadas e da quantidade de recursos disponíveis que podem ser aplicados no projeto.

A aplicação adequada desse estudo pode reduzir ou até mesmo impedir a implantação de loteamentos inapropriados em áreas de periferia, invasão de locais públicos e áreas de risco de enchentes (TUCCI, 1997).

4.5 Método Racional

Conforme Tomaz, 2010, o método racional, método indireto de estudo, foi apresentado por Mulvaney em 1951 e usado em 1889 por Emil Kuichling nos Estados Unidos. Esse método relaciona a chuva com o escoamento superficial.

Sua aplicação é baseada na análise das bacias hidrográficas e não apresenta um limitante de área a ser usada no método, podendo pertencer a um intervalo de 0,08 a 500 Km².

A Tabela 2 apresenta os valores limites das áreas de bacias que podem ser consideradas na método racional.

Tabela 2 – Valores limites de área

Autores	Área	
	(ha)	(km ²)
David H. Pilgrim e Ian Cordery (Austrália) – Método probabilístico, 1993	De 2000 a 50.000	20 a 500
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (FCTH) 1998 (*)	300	3
Wanielista et al., 1997	20 a 40	0,2 a 0,4
Ven Te Chow	40 a 81	0,4 a 0,81
DAEE, 2005 para pequenas barragens	200	2
DAEE – Cetesb	Até 100	1
Porto, 1995	Até 300	3
Linsley et al.	40 a 486	0,4 a 4,86
Paulo Sampaio Wilken	Até 500	5
Linsley e Franzini	Até 500	5
Osman Akan, 1993	Até 1300	13
Califórnia Highways	Até 4.050	40,5
Otto Pfafstetter	Até 20.000	200
ASCE, 1992	Até 80	0,8
Debo e Reese, 1995	Até 40	0,4
Regulamento do Sul da Califórnia proíbe acima de oito hectares	Até 8	0,08
McCuen, 1998	Pequenas Bacias	

Fonte: Tomaz (2010)

A implantação do método deve apresentar como base as análises de que o escoamento das águas pluviais acontecerá por toda a extensão da bacia e por um tempo de concentração igual ou maior que o dela, da distribuição uniforme da chuva e do coeficiente aplicado segundo as perdas de cargas do local.

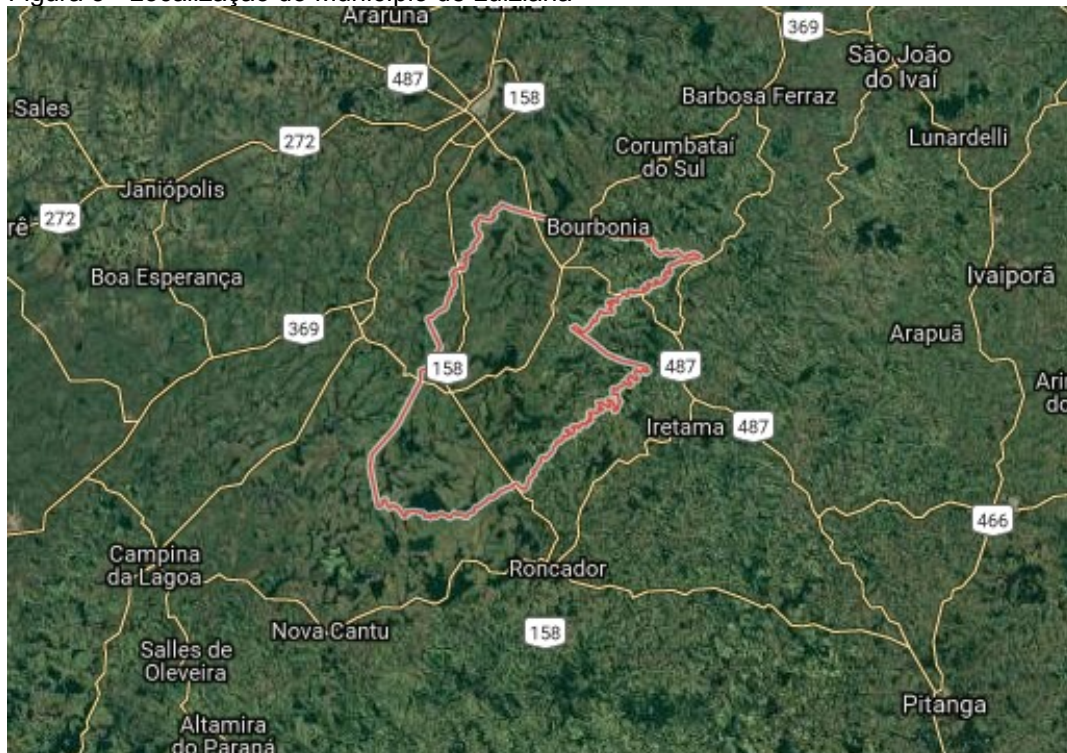
5 METODOLOGIA

5.1 Localização

O município de Luiziana, localizado à Noroeste do estado do Paraná, possui uma população de aproximadamente 7500 pessoas, sendo 60 % presente na área urbana (IBGE, 2017). Posicionada a uma “altitude de 520 metros, latitude de 23° 47" 49" S e Longitude de 52° 16" 08" O, tem clima subtropical úmido mesotérmico caracterizado por verões quentes e úmidos, e invernos com temperaturas médias inferiores a 18°C” (PREFEITURA MUNICIPAL DE LUIZIANA, 2018).

Apresenta uma área territorial de 908,6 km², segundo o IBGE (2016), e é abastecida por alguns rios como: Formoso, Rio da Várzea e o Rio Sem Passo, sendo este último um dos principais para a cidade, pois abastece a Usina Mourão I (PREFEITURA MUNICIPAL DE LUIZIANA, 2018).

Figura 3 - Localização do Município de Luiziana



Fonte: Google Maps (2017)

5.2 Levantamento Teórico

A avaliação da rede de drenagem urbana da cidade de Luiziana foi baseada no dimensionamento apresentado em artigos científicos, dados estatísticos e livros, sendo Azevedo Netto e Carlos E. M. Tucci os principais autores. Reportagens dos problemas de enchentes, conceitos históricos da urbanização no Brasil e gráficos foram usados para complementarem os estudos e o conceito em análise.

5.3 Visitas in Loco

Foram realizadas visitas na área central de Luiziana a fim de conhecer a cidade e levantar os problemas de drenagem que ocorrem, identificar o sentido do escoamento das águas pluviais e analisar a infraestrutura utilizada na cidade, com drenos, canais e bocas de lobo.

5.4 Avaliação da rede de Drenagem

As etapas de avaliação da rede de drenagem abaixo foram baseadas na metodologia descrita por Netto, 1998:

- a) Identificação do conjunto de bacias que influenciam no início do processo de escoamento pluvial, separando-as em suas devidas áreas de contribuição;
- b) Análise da planta em escala da bacia contribuinte para cada região aliada ao mapa topográfico, a fim de se obter as distâncias e percursos da rede, o sentido do escoamento e os cálculos que foram influenciados pelas cotas locais;
- c) Estudo de projetos implantados ou alterações urbanísticas que induzem diretamente na relação de permeabilidade do solo e implantação de acessórios contribuintes ao dimensionamento (canais, câmaras drenantes e de visita, dentre outros);
- d) Dimensionamento baseado no mapa topográfico, nas curvas de intensidade, duração e frequência das chuvas, no método selecionado para estudo/avaliação da vazão de escoamento e no sentido/destino do fluxo; e

- e) Correlacionamento entre os dados pluviométricos da região em análise com o projeto já implantado e com os resultados obtidos.

5.5 Redimensionamento da Rede de Drenagem

O dimensionamento aplicado neste trabalho foi baseado no passo a passo apresentado na Revista Eletrônica de Engenharia Civil (FILHO e COSTA, 2012).

O método racional é um estudo baseado na relação das chuvas com o escoamento superficial para o dimensionamento de tubulações conforme as vazões de pico da bacia em estudo.

Algumas considerações são importantes quanto ao uso do método, como por exemplo, a contribuição do escoamento superficial em toda a extensão da bacia, a distribuição uniforme da chuva pelo território e as perdas de carga já embutidas ao coeficiente utilizado na fórmula.

A Equação 01 descreve a fórmula racional utilizada no método:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (01)$$

Sendo:

- Q = vazão de pico da bacia (m³/s);
- C = Coeficiente de Runoff;
- I = Intensidade média da chuva (mm/h); e
- A = Área da bacia em análise (ha).

5.5.1 Coeficiente de Runoff

Segundo Tomaz, 2010, o coeficiente de Runoff é o “quociente entre a água que escoa superficialmente pelo total da água precipitada”. Alguns fatores importantes influenciam diretamente na constituição deste coeficiente como, por exemplo:

- Porosidade do solo;
- Umidade antecedente;
- Taxa de permeabilidade local;
- Inclinação das redes de águas pluviais;

- A geometria da área drenante; e
- Obstáculos e redutores de velocidade do fluxo.

A Tabela 3 apresenta os valores de Coeficiente de Runoff segundo as características da superfície que pertence à bacia.

Tabela 3 – Valores de Coeficiente de Runoff

Tipo de superfície	Coeficiente
Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo da natureza e do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: Villela e Mattos (1980)

Caso a bacia apresente alterações quanto às suas características, pode ser aplicado uma média ponderada na relação das áreas e dos coeficientes, segundo a Equação 02:

$$C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 + \dots + Ci.Ai}{A1 + A2 + A3 + \dots + Ai} \quad (02)$$

Sendo:

C1, C2, C3, ... Ci = coeficientes para as áreas A1, A2... respectivamente;

A1, A2, A3, ... Ai = Áreas de escoamento superficial; e

C = Coeficiente obtido através da média ponderada.

O Coeficiente aplicado neste trabalho foi o de valor 0,65, em vista das diferenças de áreas permeáveis, sendo algumas com superfícies asfaltadas em bom estado e outras em passeios de pedregulhos

5.5.2 Intensidade média da chuva

A variável “I” é a relação do volume de precipitação pelo tempo de escoamento. Na prática, as chuvas mais intensas não acontecem com a mesma frequência, portanto, precisa-se criar uma relação com o Tempo de Recorrência (T) e sua duração (t) (NETTO, 1998).

A intensidade pluviométrica varia segundo as características de cada região. A usada no dimensionamento da rede de drenagem urbana de Luiziana foi calculada através da Equação 03 com o fornecimento das variáveis “K”, “a”, “b”, e “c” do software *Pluvio 2.1*:

$$I = \frac{K.(Tr)^a}{(T+b)^c} \quad (03)$$

Sendo:

I = intensidade média de precipitação ($mm.h^{-1}$);

K, a, b, e c = variáveis extraídas do *Pluvio 2.1* baseadas na localidade em estudo;

Tr = Período de retorno (anos); e

T = Duração da precipitação (minutos).

O tempo de retorno utilizado neste trabalho foi de 5 anos e a duração de precipitação, de 5 minutos.

5.5.3 Área de drenagem da bacia

A área da bacia, rota dos cursos d’água e afluentes de um ponto mais alto até a convergência das vazões em uma única saída, foi verificada através do mapa hidráulico da cidade de Luiziana. A unidade de medida empregada na aplicação da fórmula racional foi em hectares.

5.5.4 Constante “K”

A constante K é obtida através da equação de Manning, onde se faz relação entre a equação de velocidade e raio hidráulico até se obter uma fórmula simplificada usada no dimensionamento de escoamento uniforme. A fórmula da constante K é apresentada na Equação 04:

$$K = Q.n.D^{\frac{8}{3}}.Sg^{\frac{1}{2}} \quad (04)$$

Onde:

K = Constante;

Q = Vazão (m³/s);

n = Coeficiente de Manning (m^{- $\frac{1}{3}$} .s);

D = Diâmetro (m); e

Sg = Declividade da galeria (m/m).

O coeficiente de Manning utilizado neste trabalho foi o de valor 0,015 m ^{$\frac{1}{3}$} .s.

5.5.5 Ângulo central da superfície livre

O ângulo central Θ (radianos) foi calculado através do coeficiente K encontrado. Através de relações e ajustes, obteve-se a Equação 05 abaixo:

$$\Theta = 5915,8.K^5 - 5201,2.K^4 + 1786,6.K^3 - 298,89.K^2 + 32,113.K + 1,1487 \quad (05)$$

Sendo:

Θ = Ângulo central (radianos) e;

K = Constante.

5.5.6 Altura da lâmina d'água

A altura da lâmina de água deve estar em um intervalo de 0,10 a 0,85, visto que valores abaixo desta faixa significa a dispensa da implantação de galerias de

águas pluviais no início dos trechos, e valores acima corresponde ao uso do conduto como forçado. A Equação 06 apresenta a relação altura lâmina d'água-diâmetro:

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\Theta}{2}\right) \right] \quad (06)$$

Onde:

h = Profundidade do escoamento (m);

D = Diâmetro (m); e

Θ = Ângulo central (radianos).

5.5.7 Área molhada

A fórmula da área molhada está relacionada com o diâmetro da tubulação e o ângulo central Θ encontrado, apresentada na Equação 07:

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(\Theta - \text{sen}\Theta)}{8} \quad (07)$$

Sendo:

A_m = Área molhada (m²);

D = Diâmetro (m); e

Θ = Ângulo central (radianos).

5.5.8 Velocidade de escoamento

A velocidade de escoamento é uma relação entre a vazão acumulada do trecho e a área molhada calculada anteriormente. A fórmula é apresentada na Equação 08:

$$V = \frac{Q}{A_m} \quad (08)$$

Onde:

V = Velocidade (m.s⁻¹);

Q = Vazão (m³.s⁻¹);

$A_m = \text{Área molhada (m}^2\text{)}.$

A velocidade deve estar dentro da faixa entre $0,75 \text{ m.s}^{-1}$ e $5,0 \text{ m.s}^{-1}$, caso contrário, deve-se alterar a declividade da galeria pluvial e redimensionar a rede de drenagem.

5.5.9 Tempo de Percurso

Relação entre a extensão da tubulação em análise pela velocidade no trecho. É acrescentado aos outros tempos de percurso caso as tubulações apresentem uma continuidade ou encontro na malha do projeto de drenagem. Pode ser determinado pela Equação 09:

$$T_p = \frac{L}{V \cdot 3600} \quad (09)$$

Onde:

$T_p =$ Tempo de percurso (h);

$L =$ Comprimento da tubulação (m); e

$V =$ Velocidade (m.s^{-1}).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Obtenção dos Dados

Um trecho da área central de Luiziana - PR foi utilizada como objeto de estudo para a avaliação da rede de drenagem urbana.

Figura 4 - Trecho da Área Central de Luiziana



Fonte: Google Earth Pro, 2018

Os dados obtidos neste trabalho foram coletados através da visita in loco, análise do terreno para obtenção do coeficiente de Runoff, e o diâmetro da tubulação foi fornecido pelo engenheiro e pelo topógrafo da prefeitura.

Devido à falta de projeto de drenagem da cidade, e conseqüentemente, da localização exata da tubulação, foi simulada uma rede com três emissários na região em estudo, apresentado no ANEXO A. Os valores das altitudes, em metros, dos pontos de poços de visita e as áreas de contribuição foram retirados do software Google Earth Pro.

Todos os dados colhidos foram lançados em planilhas com o auxílio do software *Microsoft Excel*, com as fórmulas dispostas em uma sequência de etapas do método racional.

A tubulação implantada na cidade é apresentada no ANEXO B com o diâmetro de 600 mm, e a simulação de projeto, apresentada no ANEXO C, com o diâmetro de 1000 mm e, em alguns trechos, de 1200 mm.

6.2 Simulação da Rede com Três Emissários

O croqui do projeto elaborado foi baseado nos dados fornecidos pelo software *Google Earth Pro*, onde foram coletados os valores das cotas de terreno, suas declividades, as distâncias dos poços de visita e as áreas de contribuição das bacias.

Foram lançados 24 poços, todos nomeados com uma letra de sequência lógica e suas respectivas altitudes, e 3 pontos de descarte, em vista do grande declive que a região apresenta, nas seguintes ruas: Rua 31 em cruzamento com a Rua José Fernandes Morais, Rua 31 com a Rua Maria Iolanda do Carmo da Silva e da paralela, sentido Sul, à Rua Floriano da Rocha Valter.

Estas informações foram inseridas nas planilhas de dimensionamento para a avaliação da tubulação implantada na cidade e da sugerida neste trabalho.

6.3 Tubulação Implantada

A tubulação implantada na região é a de 600 mm, segundo as informações dos profissionais responsáveis pelo projeto e manutenção do local.

Através do lançamento de todos as variáveis necessárias ao dimensionamento, obtivemos os resultados para comparar aos parâmetros estabelecidos no método.

1. Emissário 1 – 600 mm

Os trechos:

- $\bar{F}I$ – Limite para a altura da Lâmina d'água ultrapassado;
- $\bar{I}C$ – Altura da lâmina d'água inferior ao limitante

2. Emissário 2 – 600 mm

O trecho:

- $\bar{X}K$ – Limite para a altura da lâmina d'água ultrapassado e velocidade inferior ao aceitável pelo método.

3. Emissário 3 – 600 mm

Os trechos:

- \overline{YT} , \overline{TU} e \overline{WU} – Velocidades superiores aos aceitáveis pelo método

6.4 Tubulação Dimensionada

A tubulação dimensionada foi realizada através do lançamento de diferentes diâmetros para que atendessem a todos os parâmetros, principalmente à altura da lâmina d'água e velocidade de escoamento, sendo usado valores de diâmetro 1000 e 1200 mm.

Houve divergências em relação ao trecho \overline{YT} , \overline{TU} e \overline{WU} – apresentaram velocidade acima do limitante – pela sua grande declividade em um pequeno comprimento de tubulação.

7 CONCLUSÃO

Embasando-se nas visitas realizadas à Luiziana, no método racional explanado na metodologia deste trabalho e no referencial teórico, com auxílio dos softwares *Google Earth Pro*, *AutoCad*, *Pluvio 2.1* e *MS Excel*, foi feita uma avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana.

Os dados coletados nestes softwares permitiram que as variáveis necessárias ao dimensionamento fossem lançadas para elaboração de um croqui de projeto, com seus respectivos valores de altitude e comprimento de tubulação, para a análise dos parâmetros estabelecidos.

Os resultados obtidos mostraram que em alguns trechos da tubulação há um extrasamento da rede, ou seja, uma ultrapassagem do limite da altura da lâmina d'água, fazendo com que esta não trabalhe como um conduto livre, mas forçado, devido ao afogamento do conduto e aumento das pressões internas.

Em vista de todos estes resultados, verificou-se que há risco da tubulação não suportar a vazão recebida, que pode prejudicar o processo de expansão urbana caso não seja considerada que ela já esteja trabalhando no seu limite. Além disso, deve-se tomar cuidado no processo de descarte do fluido, por causa da sua alta velocidade nos trechos finais, direcionando o escoamento pelos trechos menos íngrimes de terreno, para que os parâmetros de velocidade estabelecidos pelo método racional sejam atendidos.

REFERÊNCIAS

- BARRELLA, W, et al. As relações entre as matas ciliares e os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- CANO, W. **Urbanização: sua crise e revisão de seu planejamento**. Revista de Economia Política, v. 9, n. 1, jan./mar. 1989.
- COUTO, J. L. V. **Mapa mental dos problemas das enchentes urbanas**. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm>>. Acesso em: out. 2017.
- FESTI, A. V. **Coletânea das equações de chuva do Brasil**. Artigo publicado no XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo. 2007.
- FILHO, F. C. M. M.; COSTA, A. R. **Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais: uma abordagem alternativa**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, nº.4, v.1, 2012.
- G1 GLOBO. **Chuvas afetam mais de 30 cidades do interior e da Grande São Paulo**. Reportagem disponível em: www.g1.globo/sao-paulo/noticia/2016/03/chuvas-afetam-mais-de-20-cidades-do-interior-e-da-grande-sao-paulo.html. Acesso em: nov.2017.
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial**. Eng. Sanit. Ambient. vol.15. nº.1. Rio de Janeiro. Jan./Mar. 2010.
- GOMES, V. M. **Aspectos qualitativos e quantitativos da água de drenagem pluvial em sub-bacia urbana na cidade de Brasília-DF**. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos. Brasília/DF. Julho/2004.
- GOOGLE. **Google Earth Pro – Município de Luiziana**. Imagens 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Luiziana>>. Acesso em: nov.2017.

GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS. **Softwares**. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: nov.2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@, Paraná > Luiziana**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: out. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Volume VI. Setembro/2005.

MARTINS, J. **Gestão de drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em: out. 2017.

MUELLER, C. C.; MARTINE, G. **Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil – A década de 1990**. Revista de Economia Política, v. 17, n. 3, p. 67, jul./set. 1997.

NETTO, A. **Manual de Hidráulica**. Editora: Edgard Blücher Ltda. 8ª edição atualizada. 1998.

ONUBR – Nações Unidas no Brasil. **Inundações atingem 250 milhões de pessoas por ano no mundo**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/inundacoes-atingem-250-milhoes-de-pessoas-por-ano-no-mundo-calcula-onu/>. Acesso em: out. 2017.

PINTO, L. H.; PINHEIRO, SÉRGIO A. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. Belo Horizonte, 2006. Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.feam.br>. Acesso em: out.2017.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G.; VERÓI, A. P. **Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.18, nº 2, abr./jun. 2013.

ROLNIK, R.; KLINK, J. **Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?** Novos estud. – CEBRAP, n ° 89, São Paulo. Março/2011.

SENTELHAS, P. C; CRUCIANP, D. E; PEREIRA, A. S; VILLA NOVA, N. A. **Distribuição horária de chuvas intensas de curta duração: um subsídio ao dimensionamento de projetos de drenagem superficial.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.13, nº.1, 45-52, 1998.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região Metropolitana de Curitiba.** CH2M HILL do Brasil – Serviços de Engenharia LTDA. Dezembro/2002.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista UNIARA, n.20, 2007. Disponível em: <http://www.uniara.com.br>. Acesso em: nov.2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, cap.05. Coeficiente de Runoff.** Dezembro/2009.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais.** Editor Plínio Tomaz, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas.** Estudos Avançados, vol. 22, nº 63. São Paulo. 2008.

TUCCI, C. E. M. **Aspectos Institucionais do controle das inundações urbanas.** Seminário de recursos hídricos do Centro-Oeste. Brasília. 1999.

TUCCI, C. E. M.; CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F. **Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.17. nº.2. Abr./Jun. 2012.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. Da Motta. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.** Editora da Universidade. 2000

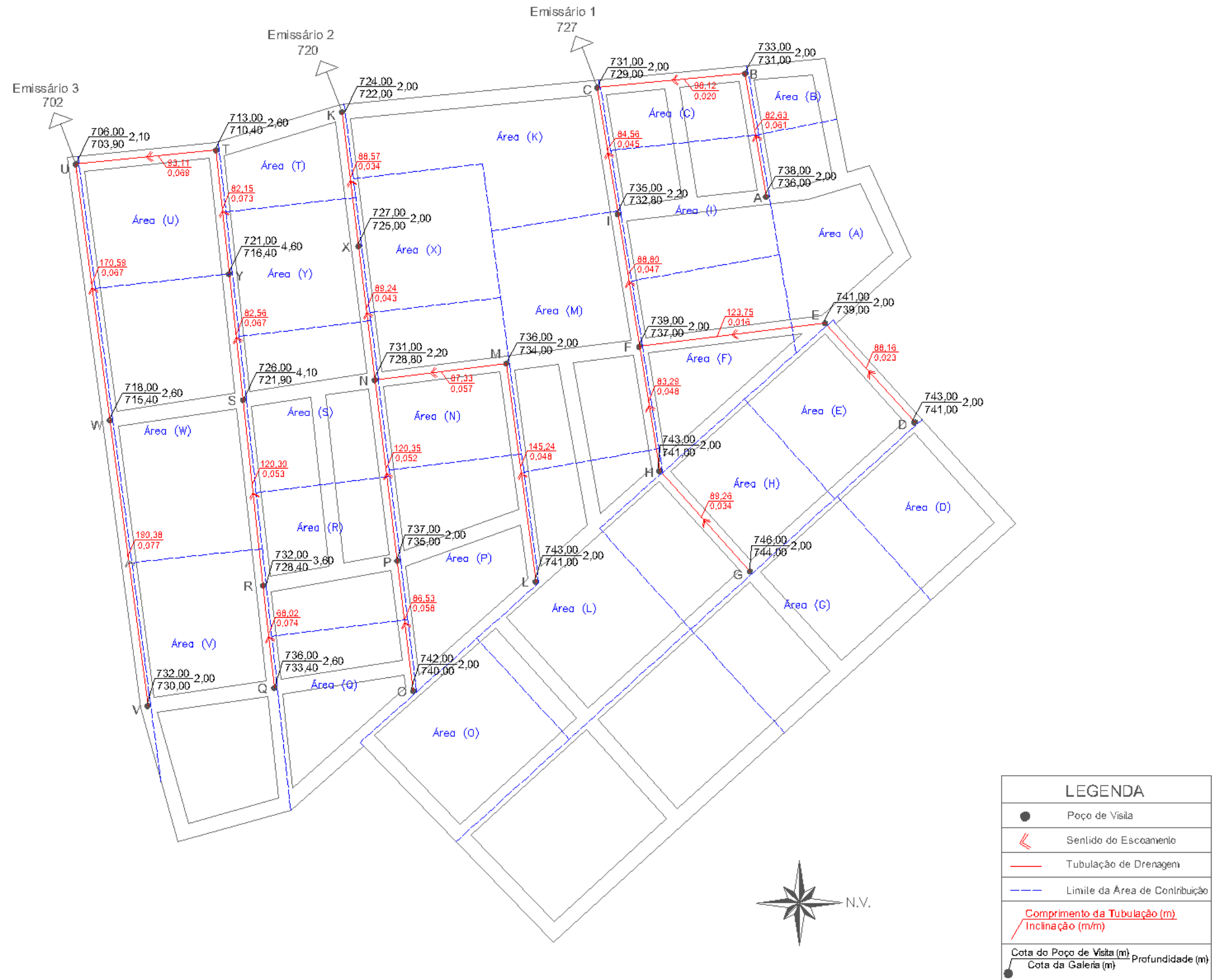
TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.**
RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.2, nº.2, Jul./Dez.1997.

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Mapa mental dos problemas das enchentes urbanas.** Disponível em:
<<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm>> Acesso em: out. 2017.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** 2ª ed. São Paulo. Editora McGraw. 1975.

ANEXOS

ANEXO A – TRECHO DA ÁREA CENTRAL: LOCALIZAÇÃO DAS TUBULAÇÕES E POÇOS DE VISITA



ANEXO B – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DOS EMISSÁRIO 1, EMISSÁRIO 2 E EMISSÁRIO 3 COM DIÂMETRO DE TUBULAÇÃO DE 600 MM

EMISSÁRIO 1

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m (m²)	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
A	B	82,630	0,879	0,879	0,083	0,650	157,011	0,249	0,249	0,600	738,000	733,000	0,061	736,000	731,000	0,061	2,000	2,000	0,059	2,315	0,299	0,071	3,506	0,007
B	C	98,120	0,685	1,564	0,090	0,650	157,011	0,194	0,443	0,600	733,000	731,000	0,020	731,000	729,000	0,020	2,000	2,000	0,182	3,337	0,549	0,159	2,790	0,010
D	E	88,160	0,700	0,700	0,083	0,650	157,011	0,198	0,198	0,600	743,000	741,000	0,023	741,000	739,000	0,023	2,000	2,000	0,077	2,500	0,342	0,086	2,320	0,011
E	F	123,750	0,691	1,391	0,094	0,650	157,011	0,196	0,394	0,600	741,000	739,000	0,016	739,000	737,000	0,016	2,000	2,000	0,182	3,336	0,548	0,159	2,484	0,014
G	H	89,260	1,207	1,207	0,083	0,650	157,011	0,342	0,342	0,600	746,000	743,000	0,034	744,000	741,000	0,034	2,000	2,000	0,109	2,771	0,408	0,108	3,157	0,008
H	F	83,290	1,144	2,351	0,091	0,650	157,011	0,324	0,666	0,600	743,000	739,000	0,048	741,000	737,000	0,048	2,000	2,000	0,178	3,308	0,541	0,156	4,265	0,005
F	I	88,800	0,962	4,704	0,107	0,650	157,011	0,273	1,334	0,600	739,000	735,000	0,045	737,000	732,800	0,047	2,000	2,200	0,359	5,708	0,979	0,281	4,740	0,005
I	C	84,560	0,829	5,533	0,113	0,650	157,011	0,235	1,569	0,600	735,000	731,000	0,047	732,800	729,000	0,045	2,200	2,000	0,433	11,317	0,094	0,552	2,842	0,008
C	EM1	150,000	0,458	7,555	0,121	0,650	157,011	0,130	2,142	0,600	731,000	727,000	0,027	729,000	725,000	0,027	2,000	2,000	0,768	430,564	0,541	19,383	0,110	0,377

EMISSÁRIO 2

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
L	M	145,240	1,406	1,406	0,083	0,650	157,011	0,399	0,399	0,600	743,000	736,000	0,048	741,000	734,000	0,048	2,000	2,000	0,106	2,747	0,402	0,106	3,748	0,011
M	N	87,330	1,413	2,819	0,094	0,650	157,011	0,401	0,799	0,600	736,000	731,000	0,057	734,000	729,000	0,057	2,000	2,000	0,196	3,445	0,576	0,168	4,743	0,005
O	P	86,530	0,927	0,927	0,083	0,650	157,011	0,263	0,263	0,600	742,000	737,000	0,058	740,000	735,000	0,058	2,000	2,000	0,064	2,367	0,311	0,075	3,500	0,007
P	N	120,350	1,032	1,959	0,090	0,650	157,011	0,293	0,555	0,600	737,000	731,000	0,050	735,000	728,800	0,052	2,000	2,200	0,143	3,034	0,473	0,132	4,215	0,008
N	X	89,240	0,913	5,691	0,099	0,650	157,011	0,259	1,613	0,600	731,000	727,000	0,045	728,800	725,000	0,043	2,200	2,000	0,458	15,143	0,361	0,657	2,454	0,010
X	K	88,570	0,771	6,462	0,109	0,650	157,011	0,219	1,832	0,600	727,000	724,000	0,034	725,000	722,000	0,034	2,000	2,000	0,583	69,849	0,967	3,113	0,588	0,042
K	EM2	150,000	1,548	8,010	0,151	0,650	157,011	0,439	2,271	0,600	724,000	720,000	0,027	722,000	718,000	0,027	2,000	2,000	0,814	625,567	0,403	28,168	0,081	0,517

EMISSÁRIO 3

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
Q	R	68,020	0,749	0,749	0,083	0,650	157,011	0,212	0,212	0,600	736,000	732,000	0,059	733,400	728,400	0,074	2,600	3,600	0,046	2,143	0,261	0,059	3,621	0,005
R	S	123,300	0,856	1,604	0,088	0,650	157,011	0,243	0,455	0,600	732,000	726,000	0,049	728,400	721,900	0,053	3,600	4,100	0,116	2,823	0,421	0,113	4,026	0,009
S	Y	82,560	0,918	2,522	0,097	0,650	157,011	0,260	0,715	0,600	726,000	721,000	0,061	721,900	716,400	0,067	4,100	4,600	0,162	3,183	0,510	0,145	4,929	0,005
Y	T	82,150	0,717	3,239	0,101	0,650	157,011	0,203	0,918	0,600	721,000	713,000	0,097	716,400	710,400	0,073	4,600	2,600	0,199	3,472	0,582	0,171	5,375	0,004
T	U	93,110	0,466	3,705	0,106	0,650	157,011	0,132	1,050	0,600	713,000	706,000	0,075	710,400	704,000	0,069	2,600	2,000	0,235	3,750	0,650	0,194	5,401	0,005
V	W	190,380	1,518	1,518	0,083	0,650	157,011	0,430	0,430	0,600	732,000	718,000	0,074	730,000	715,400	0,077	2,000	2,600	0,091	2,623	0,372	0,096	4,497	0,012
W	U	170,590	1,625	3,143	0,095	0,600	157,011	0,425	0,856	0,600	718,000	706,000	0,070	715,400	703,900	0,067	2,600	2,100	0,193	3,425	0,571	0,167	5,133	0,009
U	EM3	150,000	0,809	7,657	0,110	0,650	157,011	0,229	2,135	0,600	706,000	702,000	0,027	703,900	700,000	0,026	2,100	2,000	0,776	458,216	0,987	20,640	0,103	0,403

ANEXO C – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DOS EMISSÁRIO 1, EMISSÁRIO 2 E EMISSÁRIO 3 COM DIÂMETRO DE TUBULAÇÃO DE 1000 E 1200 MM

EMISSÁRIO 1

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m (m²)	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
A	B	82,630	0,879	0,879	0,083	0,650	157,011	0,249	0,249	1,000	738,000	733,000	0,061	736,000	731,000	0,061	2,000	2,000	0,015	1,573	0,147	0,072	3,475	0,007
B	C	98,120	0,685	1,564	0,090	0,650	157,011	0,194	0,443	1,000	733,000	731,000	0,020	731,000	729,000	0,020	2,000	2,000	0,047	2,153	0,263	0,165	2,690	0,010
D	E	88,160	0,700	0,700	0,083	0,650	157,011	0,198	0,198	1,000	743,000	741,000	0,023	741,000	739,000	0,023	2,000	2,000	0,020	1,680	0,166	0,086	2,316	0,011
E	F	123,750	0,691	1,391	0,094	0,650	157,011	0,196	0,394	1,000	741,000	739,000	0,016	739,000	737,000	0,016	2,000	2,000	0,047	2,153	0,263	0,165	2,395	0,014
G	H	89,260	1,207	1,207	0,083	0,650	157,011	0,342	0,342	1,000	746,000	743,000	0,034	744,000	741,000	0,034	2,000	2,000	0,028	1,850	0,199	0,111	3,082	0,008
H	F	83,290	1,144	2,351	0,091	0,650	157,011	0,324	0,666	1,000	743,000	739,000	0,048	741,000	737,000	0,048	2,000	2,000	0,046	2,140	0,260	0,162	4,109	0,006
F	I	88,800	0,962	4,704	0,108	0,650	157,011	0,273	1,334	1,000	739,000	735,000	0,045	737,000	732,800	0,047	2,000	2,200	0,092	2,631	0,374	0,268	4,981	0,005
I	C	84,560	0,829	5,533	0,113	0,650	157,011	0,235	1,569	1,200	735,000	731,000	0,047	732,800	729,000	0,045	2,200	2,000	0,068	2,412	0,322	0,314	4,992	0,005
C	EM1	150,000	0,458	7,555	0,118	0,650	157,011	0,130	2,142	1,200	731,000	727,000	0,027	729,000	725,000	0,027	2,000	2,000	0,121	2,862	0,430	0,465	4,602	0,009

EMISSÁRIO 2

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m (m²)	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
L	M	145,240	1,406	1,406	0,083	0,650	157,011	0,399	0,399	1,000	743,000	736,000	0,048	741,000	734,000	0,048	2,000	2,000	0,027	1,835	0,196	0,109	3,667	0,011
M	N	87,330	1,413	2,819	0,094	0,650	157,011	0,401	0,799	1,000	736,000	731,000	0,057	734,000	729,000	0,057	2,000	2,000	0,050	2,201	0,273	0,174	4,589	0,005
O	P	86,530	0,927	0,927	0,083	0,650	157,011	0,263	0,263	1,000	742,000	737,000	0,058	740,000	735,000	0,058	2,000	2,000	0,016	1,602	0,152	0,075	3,486	0,007
P	N	120,350	1,032	1,959	0,090	0,650	157,011	0,293	0,555	1,000	737,000	731,000	0,050	735,000	728,800	0,052	2,000	2,200	0,037	2,004	0,231	0,137	4,052	0,008
N	X	89,240	0,913	5,691	0,099	0,650	157,011	0,259	1,613	1,200	731,000	727,000	0,045	728,800	725,000	0,043	2,200	2,000	0,072	2,451	0,331	0,327	4,940	0,005
X	K	88,570	0,771	6,462	0,104	0,650	157,011	0,219	1,832	1,200	727,000	724,000	0,034	725,000	722,000	0,034	2,000	2,000	0,092	2,629	0,373	0,385	4,757	0,005
K	EM2	150,000	1,548	8,010	0,109	0,650	157,011	0,439	2,271	1,200	724,000	720,000	0,027	722,000	718,000	0,027	2,000	2,000	0,128	2,918	0,444	0,485	4,678	0,009

EMISSÁRIO 3

Trecho		L (m)	Área (ha)		Tc (h)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)	ΣQ (m³/s)	D (m)	Cota do PV (m)		St (m/m)	Cota da Galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	Θ (rad)	$\frac{h}{D}$	A _m (m²)	V (m/s)	Tp (h)
1	2		Trecho	ΣÁrea							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
Q	R	68,020	0,749	0,749	0,083	0,650	157,011	0,212	0,212	1,200	736,000	732,000	0,059	733,400	728,400	0,074	2,600	3,600	0,007	1,366	0,112	0,070	3,050	0,006
R	S	123,300	0,856	1,604	0,089	0,650	157,011	0,243	0,455	1,200	732,000	726,000	0,049	728,400	721,900	0,053	3,600	4,100	0,018	1,646	0,160	0,117	3,894	0,009
S	Y	82,560	0,918	2,522	0,098	0,650	157,011	0,260	0,715	1,200	726,000	721,000	0,061	721,900	716,400	0,067	4,100	4,600	0,026	1,802	0,190	0,149	4,795	0,005
Y	T	82,150	0,717	3,239	0,103	0,650	157,011	0,203	0,918	1,200	721,000	713,000	0,097	716,400	710,400	0,073	4,600	2,600	0,031	1,912	0,212	0,174	5,263	0,004
T	U	93,110	0,466	3,705	0,107	0,650	157,011	0,132	1,050	1,200	713,000	706,000	0,075	710,400	704,000	0,069	2,600	2,000	0,037	2,008	0,232	0,198	5,294	0,005
V	W	190,380	1,518	1,518	0,083	0,650	157,011	0,430	0,430	1,200	732,000	718,000	0,074	730,000	715,400	0,077	2,000	2,600	0,014	1,553	0,143	0,100	4,325	0,012
W	U	170,590	1,625	3,143	0,095	0,600	157,011	0,425	0,856	1,200	718,000	706,000	0,070	715,400	703,900	0,067	2,600	2,100	0,030	1,895	0,208	0,170	5,022	0,009
U	EM3	150,000	0,809	7,657	0,112	0,650	157,011	0,229	2,135	1,200	706,000	702,000	0,027	703,900	700,000	0,026	2,100	2,000	0,122	2,871	0,433	0,469	4,557	0,009