



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FRANCISCO ALAN SOUSA ANCHIETA

**MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DA
BACIA DO RIACHO MACEIÓ NO MACROSSISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DE FORTALEZA, CEARÁ**

CRATEÚS - CE
2022

FRANCISCO ALAN SOUSA ANCHIETA

MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DA BACIA
DO RIACHO MACEIÓ NO MACROSSISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE
FORTALEZA, CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dra. Janine Brandão de
Farias Mesquita

CRATEÚS - CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A554m Anchieta, Francisco Alan Sousa.

Modelagem da influência da drenagem das águas pluviais da bacia do riacho Maceió no macrossistema de esgotamento sanitário de Fortaleza, Ceará / Francisco Alan Sousa Anchieta. – 2023.

66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Crateús, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Janine Brandão de Farias Mesquita.

1. Sistema de Esgotamento Sanitário. 2. RDII. 3. PCSWMM. 4. Extravasão. I. Título.

CDD 628

FRANCISCO ALAN SOUSA ANCHIETA

MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DA BACIA
DO RIACHO MACEIÓ NO MACROSSISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE
FORTALEZA, CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Janine Brandão de Farias Mesquita (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Raimunda Moreira da Franca
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto
Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC)

Dr. Silvano Porto Pereira
Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE)

Ao Senhor Deus.

Aos meus pais, Lucimar e Raimundo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Senhor Deus por estar ao meu lado, me ceder paciência, força e por sempre me direcionar ao melhor caminho.

A toda minha família, em especial a minha mãe Lucimar e a minha avó Maria por todo o apoio.

A todos os meus amigos pelo companheirismo, amizade e apoio. Queria agradecer a Daniele, Ana Luiza e Gerson que me acompanharam durante todos esses anos no curso. A Ludmila, Nara, Jordana, Elvira e Michele que mesmo em períodos diferentes mantiveram nossa amizade e companheirismo. As minhas amigas Gisele e Tamires que mesmo distante ainda me fizeram rir e mantiveram suas amizades. E a todos os outros que conheci nessa caminhada.

A *Computational Hydraulics International (CHI)* por ceder o uso gratuito do software PCSWMM.

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) pela cessão de dados e recursos que viabilizaram a pesquisa.

A minha orientadora, Janine, pelos ensinamentos e por se mostrar uma excelente pessoa, professora e pesquisadora do qual tenho grande admiração e respeito.

Ao Núcleo Integrado de Pesquisa e Inovação (NIPI), em especial a professora Janaina pelo apoio mesmo que em um projeto diferente.

A todo o corpo docente de Engenharia Ambiental e Sanitária e a Universidade Federal do Ceará (UFC)

“Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.”

Albert Einstein

RESUMO

O sistema de coleta e transporte de efluentes nas cidades brasileiras é do tipo separador absoluto, comum em países tropicais, no qual consiste em sistemas separados para o esgoto e para as águas pluviais. Porém, a entrada de águas provenientes das chuvas no sistema de esgotamento sanitário, mesmo com a existência de uma infraestrutura específica, ainda é bastante comum e que pode prejudicar a eficiência do sistema. Essa entrada se deve principalmente pela infiltração ou por meio de ligações clandestinas do sistema de drenagem. Diante disso, o objetivo principal do trabalho é avaliar o efeito da drenagem de águas pluviais no coletor tronco do Parque Ecológico localizado no município de Fortaleza. Para isso, utilizou-se a metodologia dos parâmetros RTK para determinar o volume *Rainfall Derived Infiltration and Inflow* (RDII), que é a contribuição que se infiltra no sistema de esgoto. Esses três parâmetros representam, respectivamente, a entrada de água pluvial no sistema de esgotamento sanitário em relação a chuva, o tempo de ascensão e a relação do tempo de ascensão com o tempo de declínio do hidrograma unitário. Para essa simulação foi aplicado eventos chuvosos com precipitação máxima a partir de uma curva intensidade-duração-frequência (IDF), criada pelo *software* PCSWMM com base na série de dados do posto do Pici. Foram simulados cinco cenários de entrada de água no sistema para períodos de retorno iguais a 2, 5 e 10 anos. Os resultados desta pesquisa permitiram determinar os nós que extravasaram nos diferentes cenários, com o total de oitos nós no cenário mais crítico. A aplicação de um método para avaliar a entrada de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário mostra-se necessário para identificar os pontos de maior ocorrência de problemas relacionados a extravasamento.

Palavras-chave: Sistema de Esgotamento Sanitário; RDII; PCSWMM; Extravasão;

ABSTRACT

The effluent collection and transport system in Brazilian cities is of the absolute separator type, common in tropical countries, which consists of separate systems for sewage and rainwater. However, the entry of rainwater into the sewage system, even with the existence of a specific infrastructure, is still quite common and can impair the efficiency of the system. This entry is mainly due to infiltration or through clandestine connections of the drainage system. In view of this, the main objective of the work is to evaluate the effect of rainwater drainage in the trunk collector of the Parque Ecologico located in the municipality of Fortaleza. For this, the RTK parameters methodology was used to determine the Rainfall Derived Infiltration and Inflow (RDII) volume, which is the contribution that infiltrates the sewage system. These three parameters represent, respectively, the entry of rainwater into the sanitary sewage system in relation to rainfall, the rise time and the ratio of the rise time to the decline time of the unit hydrograph. For this simulation, rainy events with maximum precipitation were applied from an intensity-duration-frequency curve (IDF), created by the PCSWMM software based on the series of data from the Pici station. Five scenarios of water inflow into the system were simulated for return periods equal to 2, 5 and 10 years. The results of this research allowed us to determine the nodes that overflowed in the different scenarios, with a total of eight nodes in the most critical scenario. The application of a method to evaluate the entry of rainwater into the sanitary sewage system is necessary to identify the points of greatest occurrence of problems related to overflow.

Keywords: Sewage System; RDII; PCSWMM; Flooding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— Hidrograma Unitário Sintético	19
Figura 2	— Componentes da vazão de esgoto em eventos de chuva	25
Figura 3	— Hidrograma Unitário	27
Figura 4	— Representação de um hidrograma real	28
Figura 5	— Mapa de Localização da sub-bacia do Riacho Maceió	31
Figura 6	— Comparação do Sistema de Drenagem Urbana com o Sistema de Esgotamento Sanitário na sub-bacia do Riacho Maceió com suas divisões	32
Figura 7	— Interface do editor de entrada do PCSWMM	36
Figura 8	— Interface do Editor dos Hidrogramas Unitários para cada sub-bacia	37
Figura 9	— Curva IDF do sistema	38
Figura 10	— Perfil Hidráulico do Cenário 1 referente a $R = 0,01$ para cada período de retorno (PR) aplicado.	40
Figura 11	— Perfil Hidráulico do Cenário 2 referente a $R = 0,03$ para cada período de retorno (PR) aplicado.	41
Figura 12	— Perfil Hidráulico do Cenário 3 referente a $R = 0,05$ para cada período de retorno (PR) aplicado.	42
Figura 13	— Perfil Hidráulico do Cenário 4 referente a $R = 0,07$ para cada período de retorno (PR) aplicado.	43
Figura 14	— Perfil Hidráulico do Cenário 5 referente a $R = 0,10$ para cada período de retorno (PR) aplicado.	44
Figura 15	— Quantidade de nós extravasados por cenário e período de retorno	45
Figura 16	— Mapa de Localização dos pontos de ocorrência de extravasamento para cada período de retorno (PR) no cenário	47

mais crítico (Cenário 5)

Figura 17 — Comparação da vazão máxima entre os cenários mais críticos	48
Figura 18 — Comparação da vazão máxima de extravasamento entre os cenários mais críticos	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Parâmetros do escoamento superficial das sub-bacias do Riacho Maceió	34
Tabela 2	— Resultados dos valores das variáveis T e K	35
Tabela 3	— Resultados dos valores das variáveis da equação IDF	38
Tabela 4	— Profundidade de cada poço de visita do sistema de esgotamento sanitário com os pontos de extravasamento em destaque	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DWF	<i>Dry-Weather Flow</i>
E.E.E	Estação Elevatória de Esgoto
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento
GW	<i>Groundwater Infiltration</i>
HU	Hidrograma Unitário
HUS	Hidrograma Unitário Sintético
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade, Duração e Frequência (ou Período de Retorno)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NRCS	<i>Natural Resources Conservation Service</i>
PCSWMM	<i>Personal Computer Stormwater Management Model</i>
PR	Período de Retorno
PV	Poço de Visita
PV.PE	Poço de Visita do Parque Ecológico
RDII	<i>Rainfall Derived Infiltration and Inflow</i>
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SSOAP	Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning Toolbox
SWMM	<i>Storm Water Management Model</i>
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Contextualização	16
1.2.	Justificativa	18
1.3.	Objetivos	18
1.3.1.	<i>Objetivo Geral</i>	18
1.3.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	18
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1.	Precipitação Máxima	19
2.2.	Hidrograma Unitário	19
2.3.	Sistema de Drenagem de Águas Pluviais.....	21
2.3.1.	<i>Ocupação da várzea natural do rio</i>	22
2.3.2.	<i>Urbanização e Impermeabilização do Solo</i>	22
2.4.	Sistema de Esgotamento Sanitário	23
2.4.1.	<i>Tipologias do Sistema de Esgotamento Sanitário</i>	24
2.4.2.	<i>Infiltração de Águas Pluviais</i>	25
2.4.3.	<i>Rainfall Derived Infiltration and Inflow (RDII)</i>	27
2.5.	Modelagem Matemática	29
2.5.1.	<i>Storm Water Management Model (SWMM)</i>	30
2.5.2.	<i>Personal Computer Stormwater Management Model (PCSWMM)</i>	31
3.	METODOLOGIA.....	32
3.1.	Caracterização da área de estudo	32
3.2.	Levantamento de Dados	33
3.3.	Simulação de Cenários	34
3.4.	Parâmetros RTK.....	35
3.5.	Inserção de Dados no Software PCSWMM.....	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1.	Curva Intensidade-Duração-Frequência	39
4.2.	Modelagem Hidráulica.....	40
5.	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – VAZÃO MÁXIMA	60
	APÊNDICE B – VAZÃO MÁXIMA NA SUPERFÍCIE	63

ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO	66
---	-----------

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O Nordeste possui a segunda maior população do Brasil com mais de 57 milhões de habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). A região acompanhou o processo de urbanização do Brasil, que se intensificou a partir do século XX, com um aumento de 26,4% para 73,13% entre 1950 e 2010. No entanto, o crescimento da urbanização no Nordeste foi impulsionado pela ocorrência de secas e ausência de políticas públicas eficazes para lidar com o problema climático, resultando em grande êxodo rural, diferente de outras regiões como o Sudeste que viu sua população urbana crescer devido à industrialização (FONSECA, 2016). Segundo Vergolino (2005), os principais determinantes para o processo de urbanização no Nordeste estão ligados aos fatores de expulsão da população do meio rural combinada aos fatores de atração dos contingentes em direção às cidades.

A combinação de elevadas taxas de evapotranspiração, solos rasos com pouca capacidade de água em aquíferos e o caráter concentrado das precipitações anuais, são característica do clima semiárido na Região Nordeste do Brasil. Como resultado da combinação das condições dos oceanos Atlântico e Pacífico, ocorre uma alternância de anos de seca e de cheias graças a variabilidade interanual dos totais pluviométrico sobre a região (NOBRE, 2012).

Na região Nordeste destaca-se o estado do Ceará que possui a terceira maior população, estimada em 9.240.580 habitantes (IBGE, 2021). A maior parte dos seus municípios está inserida no clima semiárido, onde se abrange 86,8% da área do estado. Esse clima é caracterizado pela escassez hídrica e fragilidade dos recursos naturais com uma grande diversidade geográfica e climática. Possui variabilidade espacial e temporal do regime pluviométrico que se manifesta na distribuição ao longo da estação das chuvas e no total anual de precipitação entre os anos em uma mesma localidade (FERNANDES, 2014).

A região metropolitana de Fortaleza, localizada ao norte do estado do Ceará, sofreu grande expansão de sua área urbana nos últimos anos, e conseqüentemente, mudança no uso e ocupação do solo, que se refletiu em um processo de degradação ambiental. A ocupação ao longo da rede de drenagem está mais

presente diante da proliferação de ocupações irregulares nas margens dos cursos e mananciais d'água que banham a área urbana (MENESCAL; FIGUEIREDO; FRANCO, 2001). Fortaleza, a capital cearense, é pertencente à região metropolitana e está localizada no litoral Atlântico. É a capital com maior densidade demográfica do Brasil, a mais populosa do estado e a quinta do Brasil. Fortaleza possui o 9º maior PIB municipal do país e o maior da Região Nordeste, sendo um importante centro industrial e comercial do Brasil (FORTALEZA, 2015).

Essa contínua expansão urbana na região vinculada à desvalorização das infraestruturas de drenagem tem criado diversos problemas e dificuldades aos sistemas de drenagem urbana na cidade, tais como, inundações, poluição das águas superficiais, subterrâneas e do solo, vazões elevadas que invadem sistemas de esgoto e de drenagem, entre outros. Além disso, identifica-se o aumento nos custos relacionados ao transporte e no tratamento dentro do sistema de esgotamento sanitário diante da quantidade e qualidade dos efluentes urbanos (MATOS, 2006).

Estes problemas podem ser derivados do envelhecimento das redes de esgotamento e de drenagem existentes que não foram dimensionados para receber grandes vazões. A entrada de águas pluviais nos sistema de esgotamento sanitário, definidas como afluições indevidas, têm-se apresentado cada vez mais como um dos principais problemas para a operação do sistema de coleta, transporte e tratamento dos efluentes. Assim, as entidades gestoras têm trabalhado arduamente na implementação de estratégias e métodos de gestão para controlar este problema (FERREIRA, 2014)

No dimensionamento dos sistemas de esgoto sanitário, a carga de contribuição dos efluentes é determinada em função dos usos da água pela população e pela infiltração de águas parasitárias ao longo das redes coletoras. Se o efeito das águas pluviais parasitárias não for devidamente considerado no projeto e no seu dimensionamento, o sistema pode ficar sobrecarregado, afetando sua funcionalidade geral. Esta situação é agravada pela falta de indicadores confiáveis para estimar a contribuição das águas pluviais no sistema (FESTI, 2006).

1.2. Justificativa

O controle da entrada de águas pluviais depende do conhecimento do funcionamento do sistema e de metodologias de avaliação e previsão das vazões e volume que se infiltra. Nesse sentido, a modelagem matemática dos sistemas de esgoto e drenagem urbana desempenha um importante papel na determinação de soluções para o planejamento, gestão e reabilitação do sistema. Por outro lado, os modelos dependem da capacidade de registro de dados existentes, sendo que quanto mais detalhado for o sistema, maior será a eficiência (MUTTI, 2015).

Portanto, esse estudo justifica-se pelo fato de aplicar uma metodologia para identificar as relações entre os sistemas de drenagem com o de esgoto em uma região com alta densidade populacional, servindo como base para estudos posteriores e para a execução de políticas públicas direcionadas a mitigar danos causados por inundações e extravasamentos. Ao término desse estudo, espera-se cumprir com os objetivos estabelecidos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar o impacto da drenagem de águas pluviais da bacia do riacho Maceió no coletor tronco Parque Ecológico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar a metodologia RTK para estimar o volume de água que entra de forma indevida no sistema;
- Propor e aplicar a equação IDF para diferentes períodos de retorno;
- Empregar diferentes cenários de entrada de águas pluviais no sistema;
- Analisar o comportamento hidráulico do coletor tronco frente a diferentes cenários de entrada de água pluvial;
- Identificar os pontos de extravasamento ao longo do coletor tronco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Precipitação Máxima

A precipitação máxima pode ser entendida como uma ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica (TUCCI, 2015). Como há maior disponibilidade dados de séries de precipitação do que de vazão, o estudo das precipitações máximas é uma prática realizada para estimar a vazão de enchente de uma bacia. Elas podem ser retratadas por curvas de intensidade, duração e frequência (IDF).

Para projetos de obras hidráulicas, é necessário conhecer essas três grandezas: intensidade, duração e frequência. A determinação da relação entre essas três variáveis deve ser deduzidas das observações de chuvas intensas em um período de tempo longo e representativo (TUCCI, 2015). A intensidade e a duração são parâmetros calculados com base em dados pluviométricos. A frequência ou tempo de retorno é definido como o valor médio esperado em que determinado evento (em anos) ocorra ou seja superado em um ano qualquer. No caso de equações IDF, esses eventos são as precipitações máximas (NAGHETTINI; PINTO, 2007). Com base nesses dados, outros parâmetros podem ser definidos para o estudo, tais como o escoamento superficial.

2.2. Hidrograma Unitário

A compreensão dos processos hidrológicos é fundamental para gestão dos recursos hídricos e em projetos de obras hidráulicas como as de drenagem urbana. O tempo de residência da água nos diversos compartimentos da hidrosfera influencia na disponibilidade hídrica e na ocorrência de inundações. Logo, percebe-se o crescente interesse em estudos hidrológicos e nos processos através dos quais a água chega aos rios (MORAES, 2003). Dentro desse processo, o escoamento superficial é uma fase de extrema importância para as obras de engenharia por causar diversos problemas relacionados a inundações e ao transporte de resíduos que podem poluir os cursos d'água (PRUSKI *et al.*, 2003).

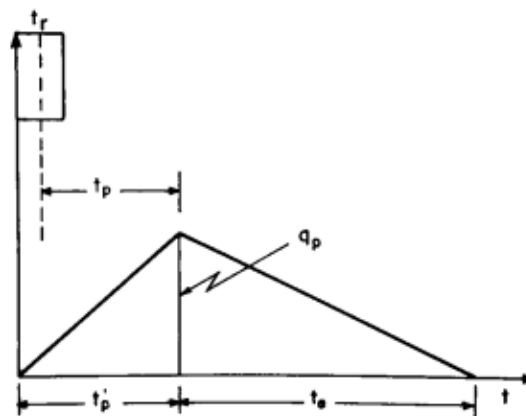
Para estimar sua vazão máxima, são utilizados modelos que simplificam esses processos onde se destaca o hidrograma unitário (HU). Seu conceito consiste

em um modelo para representar o hidrograma de vazão obtida por meio de um hietograma de precipitação na saída de uma bacia (CAMPOS; RABELO; LIMA NETO, 2020)

Ela pode ser definida como uma função-resposta linear da bacia hidrográfica a uma chuva efetiva – ou seja, considera-se apenas o volume que gera escoamento superficial, ignorando aquele que infiltrou – e unitária – comumente se utiliza volumes de chuva de 1 cm. Assim, a chuva efetiva irá gerar um gráfico com a vazão proporcional a chuva durante determinado tempo. Sua linearidade permite a geração do hidrograma total, que é o gráfico da vazão em função do tempo de determinado ponto para um evento chuvoso. (SILVEIRA, 2016).

Comumente na prática, há falta de dados para a construção de um HU. O hidrograma unitário sintético (HUS) é uma metodologia utilizada para estimar o HU e se baseia na determinação do valor de algumas abcissas, como o tempo de pico e o tempo de base e as ordenadas como a vazão de pico. Esses parâmetros estão representados na Figura 1 (TUCCI, 2015).

Figura 1 – Hidrograma Unitário Sintético



Fonte: TUCCI, 2015.

Onde:

- t_r : Duração da chuva unitária
- t_p : Tempo de pico definido como o intervalo entre o centro de massa da precipitação e o tempo da vazão máxima.
- t'_p : Tempo de ascensão definido como o tempo entre o início da chuva e o pico do HU

- t_e : Tempo de recessão definido como o tempo necessário para a vazão baixar completamente que ocorre quando não existe mais escoamento.
- q_p : Vazão de pico

Outro parâmetro utilizado nos cálculos é o tempo de concentração (t_c) definido como o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia de deslocar até a seção principal (TUCCI, 2015). Todos esses dados podem estimar o escoamento superficial de determinada área para que assim possam ser calculadas outras variáveis para serem utilizadas em diferentes sistemas.

2.3. Sistema de Drenagem de Águas Pluviais

O crescimento populacional e a ocupação de áreas em zonas mais baixas, próxima às várzeas de rios e à beira-mar — devido a grande dependência da proximidade aos corpos hídricos — resulta em diversos problemas atrelados a inundação em área urbana. Ademais, a retificação do curso natural e aterramento dos córregos para a construção de vias ou construções acelera o processo de escoamento e do pico de vazão, o que torna as inundações mais frequentes (CANHOLI, 2014).

No Brasil, por muito tempo, a solução de drenagem adotada teve um tom mais “higienista” com o objetivo apenas de afastar as águas pluviais das cidades (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019). Segundo Souza (2013), essa abordagem tem uma visão simplista, que depende apenas de cálculos da vazão e dimensionamento de condutos e galerias, e tem como resultado um descolamento do planejamento urbano com o desenvolvimento sustentável dos sistemas de drenagem.

Uma alternativa sustentável são as técnicas compensatórias em que as medidas de controle de escoamento são realizadas na fonte de geração com o objetivo de aumentar a parcela de água pluvial retida ou infiltrada (LUCAS *et al.*, 2015). Segundo Borges (2008) essas técnicas podem ser classificadas como não estruturais onde podem ser pontuais, lineares ou para bacias hidrográficas.

As medidas não estruturais compreendem diversas ações que visam conservar e recuperar as características naturais de determinada região. Por sua vez, medidas estruturais envolvem modificações por meios de obras de engenharia

(MENDES, 2019). Para o controle de inundações, torna-se necessária a integração harmoniosa dessas medidas para que seja garantido à população o mínimo de prejuízo além de possibilitar uma convivência harmoniosa com o rio (BARBOSA, 2006).

2.3.1. Ocupação da várzea natural do rio

Geralmente, os rios possuem dois leitos: o leito menor, por onde a água escoar na maior parte do tempo, e o leito maior, denominado de várzea. Os transtornos causados pelas inundações ocorrem quando essa última é ocupada pela população. (TUCCI, 2008). As várzeas de um rio têm por função ceder espaço para reter o volume extra em períodos com maiores precipitação e permitir o fluxo no rio de forma gradual até que possa retornar ao seu volume original (DELGADO, 2020).

Em algumas cidades em que a frequência de enchentes é alta, a várzea do rio é habitada por pessoas de baixa renda já que são espaços pertencentes ao poder públicos ou desprezados economicamente pelo poder privado. Diante dos impactos causados pelas inundações e enchentes, a população tende a pressionar os seus dirigentes por soluções estruturais que demandam maiores custos, mas que muitas vezes são insustentáveis para os municípios e até estados (TUCCI, 2015).

2.3.2. Urbanização e Impermeabilização do Solo

Em áreas naturais, o fluxo da água pluvial percorre lentamente diante dos obstáculos das vegetações. Parte dela se infiltra no solo por percolação até atingir a zona saturada, formando o lençol subterrâneo. Por sua vez, em áreas urbanizadas, o processo de infiltração é dificultado pela impermeabilização do solo e, a partir disso, surgem às enchentes (RODRIGUES, 2020).

A falta de planejamento urbano e a pouca conscientização ambiental por partes dos gestores e da população contribuem para o aumento da impermeabilização do solo e para o desmatamento de grandes áreas. O desmatamento, responsável pela diminuição do atrito existente entre a água da chuva e o solo, acarreta no aumento da velocidade de escoamento em períodos de grandes precipitações que ocasiona em uma vazão maior nos rios por receber mais água. Quando os rios não possuem capacidade para escoar toda água recebida, ela

pode tomar diferentes destinos e acaba por invadir áreas urbanizadas afetando a qualidade de vida da população (SILVA *et al*, 2020).

Além dos transtornos econômicos e de saúde causada pelas enchentes, resultado da baixa infiltração do solo, ainda pode ocorrer a redução do nível do lençol freático, por falta de alimentação, e a redução da evapotranspiração. Também ocorre o aumento na produção de sedimentos durante o desenvolvimento urbano, o que gera uma maior carga de poluição das águas pluviais (BORGES, 2018). Nesse contexto, verifica-se a importância para encontrar meios que permite uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, de forma a reproduzir o comportamento do sistema (SHINMA, 2011).

2.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo Mutti (2015), o sistema de esgotamento sanitário (SES) pode ser definido como o “conjunto de atividades, serviços e infraestruturas responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes sanitários”. O autor continua ao falar que a principal função do sistema é de isolar e afastar os efluentes para um corpo receptor onde, o ideal, é passar por um tratamento prévio, assim reduzindo os riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Por fim, conclui que o SES se torna uma solução coletiva eficiente para a coleta e tratamento dos efluentes gerados em regiões urbanas, por meio de tubulações assentadas sob a pavimentação que por sua vez são encaminhados para os interceptores, que possuem diâmetros maiores.

O SES é comumente constituído, segundo Dias (2003) por:

- Rede coletora: Conjunto de tubulações do sistema de esgoto que estão ligadas diretamente aos edifícios.
- Coletor Tronco: Tubulação que recebe a contribuição da rede coletora e envia diretamente aos interceptores ou emissários.
- Interceptor: Tubulação que recebe as contribuições do coletor tronco ao longo de sua extensão.
- Emissário: Tubulação que recebe contribuição de um único ponto e é responsável em conduzir os efluentes para um destino conveniente, seja uma estação de tratamento de esgoto ou algum corpo hídrico.

- Estação Elevatória: Instalação constituída por bombas que responsáveis pelo recalque do esgoto de uma cota inferior para uma cota superior.
- Acessórios: Tubos de inspeção e tubos de inspeção e limpeza, terminais de limpeza, sifão invertido, poços de visitas e caixas de passagem.

Os componentes utilizados irão depender de várias características físicas, sociais e econômicas da localidade. Um parâmetro importante a se destacar é a vazão que depende do numero de habitantes e das atividades econômicas. Por variar de acordo com o uso do SES, ela pode ter grandes diferenças durante o dia e em diferentes meses. Períodos chuvosos e secos também podem ter influência na vazão, a depender do tipo de sistema utilizado (DIAS, 2003).

2.4.1. Tipologias do Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo VOLSCHAN *et al*, (2009), existe dois tipos de tipologias do SES que serão listados a seguir.

- Sistema Unitário ou Combinado: é aquele em que os efluentes sanitários são coletados e conduzidos nos mesmo sistemas de tubulações das águas pluviais em eventos de chuvas. São comumente implantados em países de climas temperados que possuem baixo índice pluviométrico. Por unir esgotamento sanitário com drenagem de águas pluviais, é necessário tubulações com diâmetros maiores e possui uma vazão maior o que pode prejudicar o tratamento desses efluentes.
- Sistema Separador Absoluto: possui duas redes de tubulações separadas, uma delas para atender as contribuições de esgotos e outra pelas águas pluviais. Em teoria são mais utilizadas em países com chuvas de maior intensidade. Possui como vantagem menores custos, pois apenas as tubulações de esgotos, que possuem menor diâmetro, estão presentes em todas as ruas enquanto que as galerias de águas pluviais são executadas em cerca de 50% das ruas pavimentadas.

Na prática, o sistema separador absoluto nem sempre funciona da forma planejada diante de infiltrações de águas da chuva no SES ou por ligações clandestinas (MUTTI, 2015). Em áreas altamente urbanizadas onde a drenagem natural das águas pluviais é prejudicada pela impermeabilização do solo, é comum o cenário de extravasamentos na rede esgoto (FERNANDES, 2017).

2.4.2. Infiltração de Águas Pluviais

A infiltração de águas pluviais nos sistemas de esgotos é um fato que muitas vezes é inevitável o que gera sobrecarga diante de vazões superiores ao previsto. Essa contribuição na rede pode ocorrer tanto por ligações clandestinas das águas como pela situação dos condutos que facilita a entrada indevida. O pico da sobrecarga, geralmente, ocorre em eventos com chuvas significativas. (FESTI, 2006)

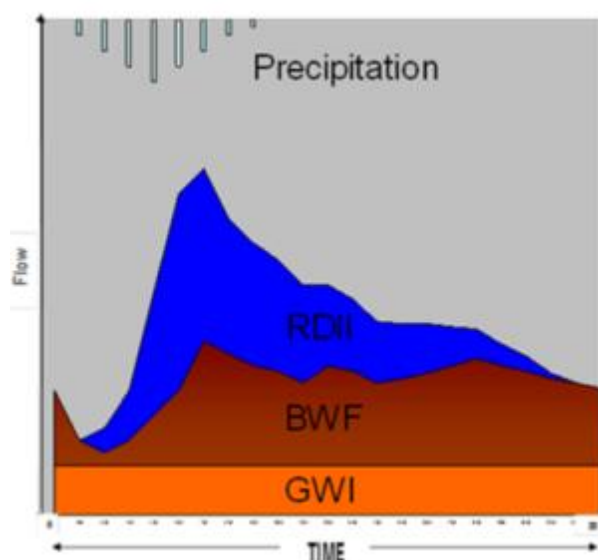
Metcalf e Eddu (1985) definem essa contribuição em três tipos que estão listados a seguir:

- **Infiltração:** águas pluviais que entra na rede coletora através das conexões, trincas nos tubos, juntas e poços de visitas com falhas estruturais;
- **Afluxo Direto:** contribuição de água devido a ligações de coletores de águas pluviais na rede de esgoto.
- **Afluxo com atraso de tempo:** água de chuva que demora alguns dias para atingir o sistema de coleta de esgotos.

A norma técnica ABNT NBR 9648/1989 define esgoto sanitário como “Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Ou seja, as águas de infiltração já parte constituinte do esgoto sanitário. A mesma norma define a contribuição pluvial parasitária como a “parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário”. Azevedo Neto (1998) define essa contribuição como àquela que é estranha ao sistema de esgoto, como as águas de chuva coletadas nos telhados e nos quintais dos domicílios e encaminhadas para a rede de esgoto sanitário ou oriundo dos lançamentos das águas de lavagem de postos de gasolina, descargas de piscinas, etc. Independente do tipo de sistema de esgoto, águas pluviais devem ser consideradas como parte constituinte do esgoto sanitário, assim como a NBR 9648/1989 define.

Em eventos de chuvas, a vazão de esgoto pode ser formada por três componentes distintos que estão ilustrados na Figura 2 e listados abaixo (WEF,2019).

Figura 2 - Componentes da vazão de esgoto em eventos de chuva



Fonte: WEF,2019

A *base wastewater flow* (BWF) ou vazão base do esgoto é referente ao fluxo residencial, comercial ou industrial que é descarregado em um sistema de esgoto sanitário. Depende dos padrões de uso da água e pode variar ao longo do dia, normalmente com fluxos maiores durante os períodos da manhã e início da noite decaindo durante a noite e nas primeiras horas da manhã. Também podem variar visivelmente de dias úteis para os finais de semana e feriados. Esse fluxo sempre está presente nos sistemas de esgotos, mesmo em períodos sem chuvas.

A *groundwater infiltration* (GWI) ou vazão de infiltração de água subterrânea representa o fluxo de água de aquíferos que entra no sistema de coleta através de tubos com vazamentos, juntas de tubos e paredes de bueiros durante condições de tempo seco e chuvoso. Variam durante o ano, a depender do nível de água e dos níveis de umidade do solo. O GWI e BWF comumente são definidos como *dry-weather flow* ou fluxo de tempo seco (DWF) em regiões com volume de água subterrânea constante durante o ano.

Por fim, o *rainfall derived infiltration and inflow* (RDII) ou infiltração e afluência derivadas de chuvas é o componente de resposta à chuva que entra nos SES por meio de infiltração e afluxo da água. É um fluxo presente em eventos chuvosos e que podem demorar dias a depender das características das chuvas. Será o componente estudado nesse trabalho e desenvolvido no item a seguir.

2.4.3. Rainfall Derived Infiltration and Inflow (RDII)

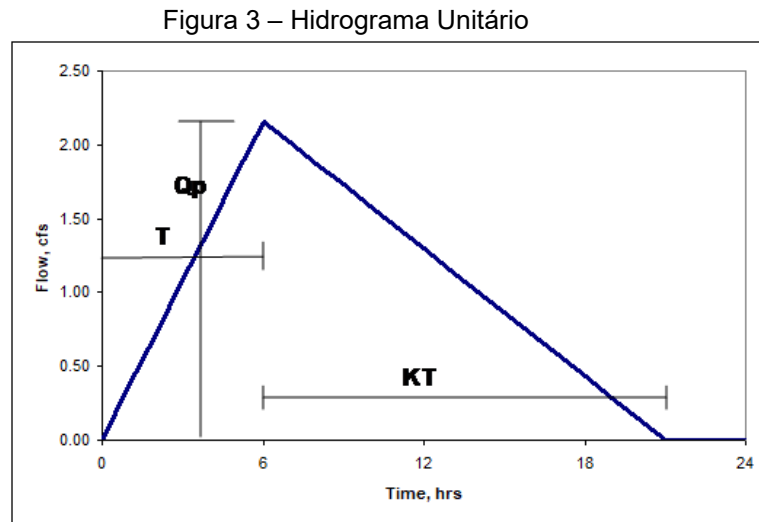
O RDII representa o percentual de escoamento que entra no sistema de coleta sanitária durante e após o evento de chuva. O volume e a forma do hidrograma RDII são funções de fatores externos e internos ao sistema de coleta. Os fatores externos são aqueles que reduzem e retardam a entrada de água no sistema como, por exemplo, vegetação, lagoas de superfície, evaporação e infiltração. Os fatores internos estão relacionados com as condições físicas do sistema de coleta. Em um sistema ideal, sem defeitos (por exemplo, sem rachaduras, juntas deslocadas ou tampas de bueiros perfuradas, ligaç) não deverá existir RDII, porém a realidade é que os sistemas sempre apresentam esses problemas que podem ser resultados também da idade dos componentes. Assim, o volume do RDII vai depender do tamanho e número desses defeitos (GEITH, 2011).

Existem diversas metodologias que estimam a vazão RDII, mas segundo BENNET (1999), nenhum método pode ser universalmente aplicado devido a variedade de condições e de aplicações do sistema. Eles podem ser divididos em sete categorias listadas a seguir (FERREIRA, 2014).

- Método das relações características (*Constant unit rate*);
- Método das percentagens de volume precipitado (*R-value*);
- Método de escoamento em linhas de água (*Percentage of stream flow*);
- Método do hidrograma unitário (*Synthetic unit hydrograph*);
- Método probabilístico (*Probabilistic method*);
- Método da correlação com dados de precipitação/caudal em linhas de água (*Predictive equation based on synthetic rainfall/flow regression*);
- Método da extrapolação com base em modelos de simulação hidrológica (*Predictive equation based on synthetic stream flow and basin characteristics*).

Segundo Ferreira (2014), o método do hidrograma unitário se destaca por ter sido amplamente aplicado com bons resultados na quantificação e avaliação de RDII. Trata-se de um método empírico com parâmetros calibrados por meio de dados de precipitação e vazão observada. Dentro dessa categoria, destaca-se a metodologia RTK que utiliza três hidrogramas triangulares para representar as várias formas com que a precipitação contribui para RDII.

Esse hidrograma unitário busca simplificar o hidrograma do fluxo do sistema de esgoto em eventos de chuva, o aproximando de um triangular assim como está apresentado na Figura 3 (WALSKI, 2021).



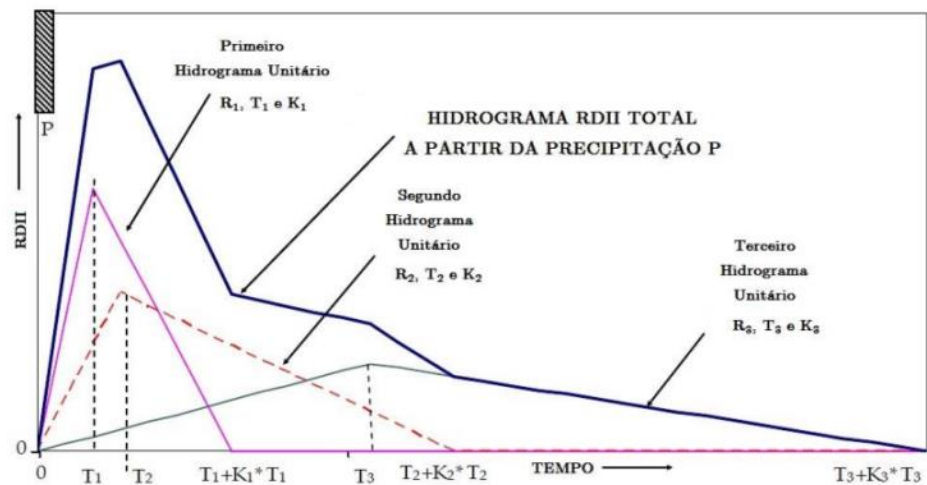
Fonte: WALSKI, 2021

Ele é caracterizado por três parâmetros de calibração que dão nome ao método (R, T e K), onde podem ser definidos por Ferreira (2014) como:

- R: Representa a relação do volume que entra no SES como RDII com o volume total da precipitação;
- T: Representa o tempo de ascensão;
- K: Representa a relação entre o tempo de declínio e o tempo de ascensão.

Na prática, hidrogramas reais não se parecem com triângulos perfeitos. As águas pluviais podem entrar nos sistemas de esgoto em diferentes períodos após o evento chuvoso. Por isso, é possível utilizar três hidrogramas triangulares diferentes para cada período apresentados na Figura 4 (WALSKI, 2021).

Figura 4 – Representação de um hidrograma real



Fonte: FERREIRA, 2014.

O primeiro triângulo é a resposta imediata à chuva com o ingresso direto da água da chuva por meio das ligações indevidas e entrada direta das calhas pluviais dos imóveis na rede de coleta de esgoto, por exemplo. Possui um pico estreito e alto indicando grande volume. O segundo é a resposta atrasada à chuva que tem um pico médio e mais amplo. Por fim, o terceiro tem um período mais prolongado com um volume bem menor, resultado do aumento do GWT que com o tempo pode entrar no sistema sanitário através das juntas danificadas ou nas rachaduras das tubulações (GEITH, 2011). Os *softwares* de modelagem utilizam desse método para estimar o volume de RDII em seus sistemas, porém não realizam os cálculos para encontrar os parâmetros RTK de cada hidrograma, sendo necessário utilizar outros métodos.

2.5. Modelagem Matemática

Com o aumento da complexidade dos atuais sistemas de drenagem urbana atrelada a crescente preocupação com os recursos hídricos, têm-se utilizado modelos matemáticos, especialmente, pelas entidades gestoras de sistemas de saneamentos, tornando-se uma ferramenta útil em nível de operação, planejamento e validação de projeto de sistema (CÂNDIDO, 2013). A modelagem matemática é definida por Costa (2013) como técnicas que permitem simular as condições reais e as possíveis alternativas propostas, que poderiam ocorrer dentro de uma faixa de incertezas.

Para os sistemas de drenagem urbana, os modelos de simulação buscam representar, de forma simplificada, um sistema de drenagem real em um programa computacional para simular o comportamento do escoamento diante das variadas infraestruturas em diferentes fases do sistema, seja na fase embrionária, na fase de exploração ou na fase de reabilitação (CÂNDIDO, 2013). Segundo Righetto (2009), os modelos de drenagem urbana têm por objetivo a representação do escoamento da precipitação pela superfície do terreno, a interceptação, a infiltração, a evapotranspiração e a interação destes processos com a rede de drenagem de águas pluviais.

Os *softwares* de modelagem para sistemas de drenagem urbana são constituídos, em sua maioria, por um modelo hidráulico e hidrológico. Modelos hidráulicos são utilizadas para a simulação do escoamento na rede de coletores e é baseada em duas equações básicas da hidrodinâmica: a equação da continuidade e a equação dinâmica (CÂNDIDO, 2013). Os modelos hidrológicos são utilizados para entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever as condições diferentes das observadas (TUCCI, 1998).

As ferramentas de geoprocessamento podem ser incorporadas aos modelos de drenagem urbana por facilitar a entrada de dados e permitir a representação geométrica do sistema. Também podem integrar diversas ferramentas de pós-processamento para facilitar a elaboração de mapas e gráficos e tornar mais viável o entendimento das variáveis utilizadas (CABRAL *et al.*, 2009). Existem diversos programas que fazem a modelagem hidráulica e hidrológica atrelado com essas ferramentas de geoprocessamento onde cada uma delas tem suas limitações. Dentre elas, podem-se destacar as citadas nos itens a seguir.

2.5.1. *Storm Water Management Model (SWMM)*

A plataforma SWMM (*Storm Water Management Model*) é um programa computacional desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*U.S Environmental Protection Agency – Usepa*) para a modelagem e simulação do escoamento superficial em áreas urbanas. O SWMM utiliza uma abordagem distribuída para o cálculo das vazões, integrando a modelagem da microdrenagem e da macrodrenagem e, dessa forma, permitindo a simulação de

alagamentos sem a necessidade de históricos de transbordamento dos córregos e canais principais. (CANHOLI, 2014).

Ela permite simular os fenômenos hidrológicos e hidráulico com modelo chuva-vazão para eventos únicos ou contínuos para assim, fornecer resultados de qualidade e quantidade das águas em um escoamento por meio do sistema de galerias. (GIRONÁS *et al.*, 2009).

2.5.2. *Personal Computer Stormwater Management Model (PCSWMM)*

Embora a plataforma SWMM possua diversas vantagens e inúmeras aplicações, ela não possui nenhuma interface espacial. Portanto, em 1984 foi desenvolvida uma versão comercial denominada de PCSWMM (*Personal Computer Stormwater Management Model*) que fornece uma combinação entre um SIG (Sistema de Informação Geográfica) com o SWMM e assim fornece um pacote escalável e completo para análise 1D e 2D de processos de escoamento de chuva (AKHTER, 2016).

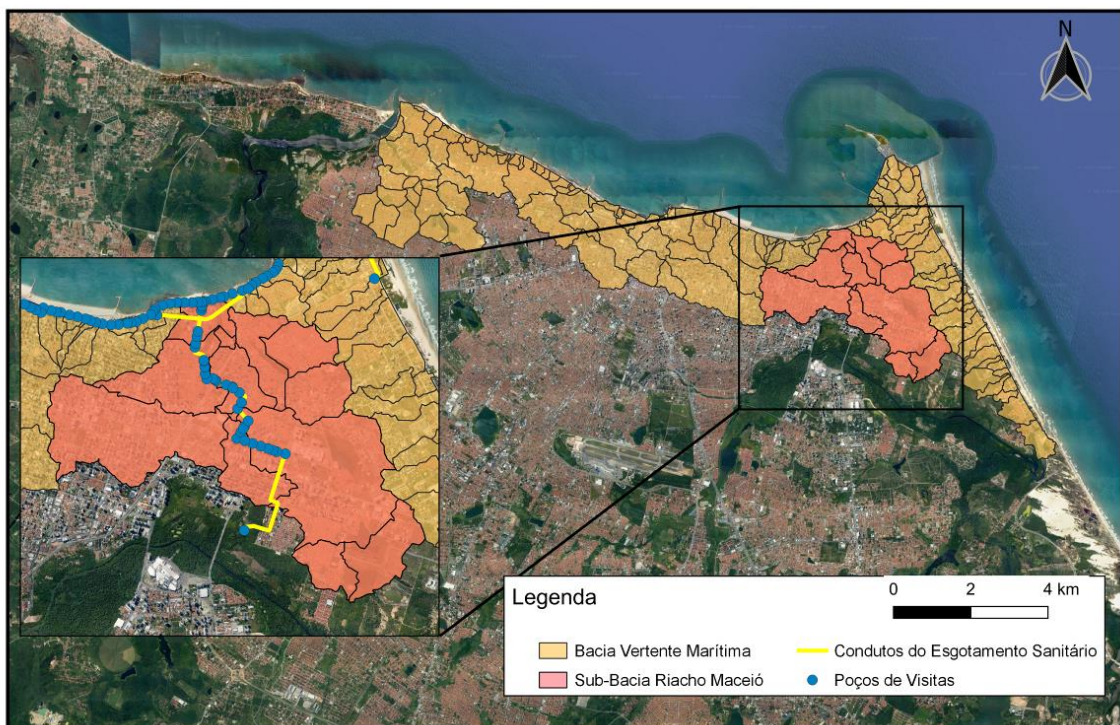
Frequentemente é utilizado para as atividades de planejamento e análise em projetos relacionados ao escoamento de águas pluviais, sistemas de esgoto ou combinados e outros sistemas de drenagem em áreas urbanas e não urbanas. (ROSSMAN, 2015).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo trata-se da sub-bacia do Riacho Maceió localizada ao leste da bacia Vertente Marítima e ao norte do município de Fortaleza, Ceará. Dentro dela, passa o coletor tronco proveniente da estação elevatória de esgoto do parque ecológico (E.E.E Parque Ecológico) como está apresentado na Figura 5.

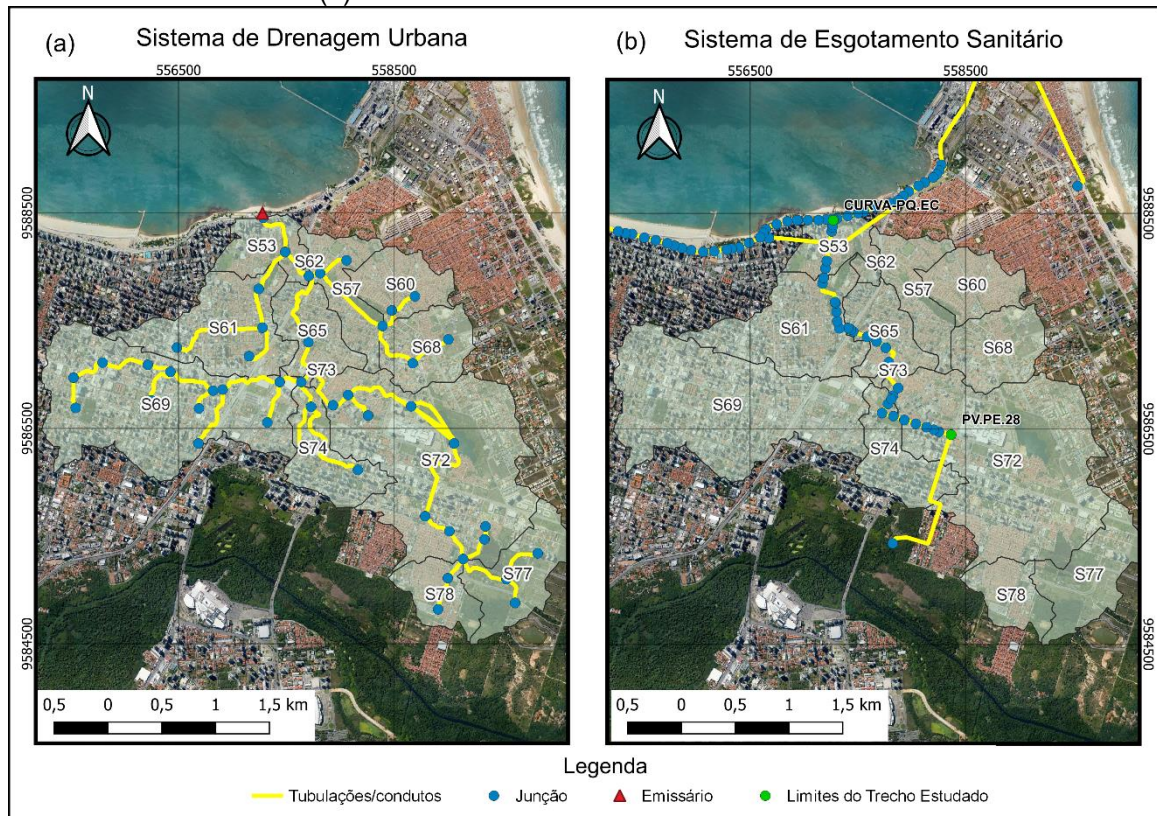
Figura 5 – Mapa de Localização da sub-bacia do Riacho Maceió



Fonte: Autoria Própria

A bacia do Riacho Maceio está inserida em importantes bairros do município de Fortaleza onde se pode citar: Aldeota, Cidade 2000, Coco, Dunas, Mucuripe, Papicu, Vicente Pizon e Varjota. Dentro dela também está inserido o coletor tronco do Parque Ecológico como apresentado na Figura 6. É possível identificar que essa bacia é dividida em sub-bacias menores e estão nomeados para fins de identificação.

Figura 6 – Comparação do Sistema de Drenagem Urbana (a) com o Sistema de Esgotamento Sanitário (b) na sub-bacia do Riacho Maceió com suas divisões.



Fonte: Autoria Própria.

No *software* PCSWMM, os sistemas de drenagem e esgoto foram unidos no mesmo arquivo para que possam funcionar de forma conjunta, já que as bacias representadas são do sistema de drenagem. Isso permitiu que as características de precipitação de cada sub-bacia pudessem ser aplicadas para cada nó do sistema de esgotamento sanitário. Logo, foi possível aplicar as vazões de base de esgoto (BWF) com as da chuva (RDII).

3.2. Levantamento de Dados

Os dados hidráulicos e de vazão do sistema de esgotamento sanitário utilizados nesse estudo foram os desenvolvidos no trabalho de Fernandes (2017) e Fernandes *et al* (2017). A autora simulou um modelo hidráulico no *software* SWMM com o objetivo de entender o funcionamento e condições de interferências indevidas por águas pluviais e aporte de sedimentos no Interceptor Leste, localizado na bacia da Vertente Marítima no município de Fortaleza, Ceará, que ocasionam em riscos de extravasamento de esgoto na região. O coletor tronco que passa pela sub-bacia do

riacho Maceió contribui para o citado interceptor. Logo, o mesmo também foi objeto de estudo da autora.

Os dados hidráulicos e hidrológicos do sistema de drenagem e da sub-bacia foram fornecidos pela Mesquita (2018) no seu estudo onde propôs a modelagem do sistema de drenagem urbana da bacia Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará, visando a avaliação das cargas bacteriológicas.

Os dados de chuva utilizados foram da estação pluviográfica do Pici, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com uma série de dados históricos de 30 anos, com dados medidos a cada 5 min. Esse intervalo permite a aplicação da equação IDF como um cenário de precipitação máxima.

É importante destacar que os dados utilizados não são públicos e fazem parte do projeto Modelagem Integrada da Rede Coletora de Esgoto e da Drenagem Urbana de Fortaleza/CE da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) com o apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (FUNCAP)

3.3. Simulação de Cenários

O *Software* PCSWMM tem uma ferramenta que cria equações IDF para período de retorno iguais a 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos com base na serie histórica de 30 anos da estação pluviométrica do Pici. Neste trabalho, utilizou-se os períodos de retorno iguais a 2,5 e 10 anos para cada cenário. A distribuição que o *software* aplica é o de *Gumbell* do tipo simétrico onde os valores de chuva para todas as durações (de 5 minutos a 24 horas) para um único evento de tempestade de período de retorno ocorrem dentro do mesmo período de 24 horas. Essa distribuição é baseada no procedimento desenvolvido pelo *Natural Resources Conservation Service* (NRCS) do *Departamento de Agricultura dos Estados Unidos* (USDA), descrito no *National Engineering Handbook - Part 630 Hydrology*.

Para cada período de retorno foi aplicados cenários com diferentes frações de contribuição de água pluvial dos sistemas de esgotamento. Essa fração corresponde ao valor do parâmetro R, variável da metodologia RTK para estimar o volume RDII do sistema de esgotamento sanitário. Esses cenários são:

- Cenário 1: Entrada de 1% do volume total da sub-bacia em cada nó do sistema de esgotamento sanitário.
- Cenário 2: Entrada de 3% do volume total da sub-bacia em cada nó do

sistema de esgotamento sanitário.

- Cenário 3: Entrada de 5% do volume total da sub-bacia em cada nó do sistema de esgotamento sanitário.
- Cenário 4: Entrada de 7% do volume total da sub-bacia em cada nó do sistema de esgotamento sanitário.
- Cenário 5: Entrada de 10% do volume total da sub-bacia em cada ponto do sistema de esgotamento sanitário.

O ideal seria se dispor de dados de vazão no período chuvoso e seco do sistema de esgotamento, já que essa constante é dependente dela. Porém, na ausência desses dados foi necessário aplicar diferentes cenários para cada sub-bacia.

3.4. Parâmetros RTK

Diferentemente da constante R, os valores de T e K podem ser calculados com base nas características de chuva de cada sub-bacia. Para isso, é necessário calcular o tempo de concentração (t_c), tempo de pico (t_p), tempo de ascensão (t'_p) e tempo de recessão (t_e) a partir dos dados existente das bacias, logo podem ser diferentes do que acontece na prática. Só foram consideradas as sub-bacias que contribuem para os sistemas de esgotamento sanitário. É importante destacar que o *software* não especifica uma metodologia para a determinação desses parâmetros o que permite a aplicação de diversos métodos a depender das características da bacia de estudo. A Tabela 1 mostra os dados utilizados fornecidos pelo PCSWMM:

Tabela 1 – Parâmetros do escoamento superficial das sub-bacias do Riacho Maceió

Nome	Área (km ²)	Precipitação Efetiva (mm)	Vazão de Pico do Escoamento (m ³ /s)
Período de Retorno = 2 anos			
S53	0.834	44.51	7.96
S61	2.416	49.45	23.05
S65	1.155	51.41	12.10
S72	6.279	35.32	38.85
S73	0.031	51.04	0.42
S74	1.317	42.95	11.52

Nome	Área (km ²)	Precipitação Efetiva (mm)	Vazão de Pico do Escoamento (m ³ /s)
Período de Retorno = 5 anos			
S53	0.834	59.26	10.94
S61	2.416	64.89	31.26
S65	1.155	67.11	16.44
S72	6.279	48.31	52.15
S73	0.031	66.98	0.58
S74	1.317	57.29	15.67
Período de Retorno = 10 anos			
S53	0.834	84.15	14.66
S61	2.416	91.83	43.28
S65	1.155	94.13	22.69
S72	6.279	72.07	68.13
S73	0.031	91.91	0.76
S74	1.317	82.08	20.93

Fonte: Autoria Própria.

A vazão de pico é convertida para uma vazão unitária considerando uma profundidade de escoamento igual a 1 cm, mantendo a proporção. Essa vazão unitária é então aplicada na Equação 1 (TUCCI, 2015).

$$Qp = \frac{2,08A}{\frac{t_r}{2} + 0,6tc} \quad (1)$$

Onde:

qp – vazão de pico (m³/s) para uma chuva excedente de 1 cm

A – área da bacia (km²)

tr – duração da chuva unitária (h)

tc – tempo de concentração (h)

Considerando uma chuva unitária de 1 hora, obtém-se o tempo de concentração (tc). O tempo de pico (tp), ascensão (t'p), recessão (te) é calculado pelas Equações abaixo (TUCCI, 2015):

$$t_p = 0,6t_c \quad (2)$$

$$t'_p = \frac{t_c}{2} + t_p \quad (3)$$

$$t_e = 1,67t'_p \quad (4)$$

O valor de T é definido como o tempo de ascensão (t'p) e o K como a razão entre o tempo de recessão e o tempo de ascensão (te/t'p). Assim, obtém-se os

valores de T e K para cada sub-bacia em cada período de retorno que estão representados na Tabela 2:

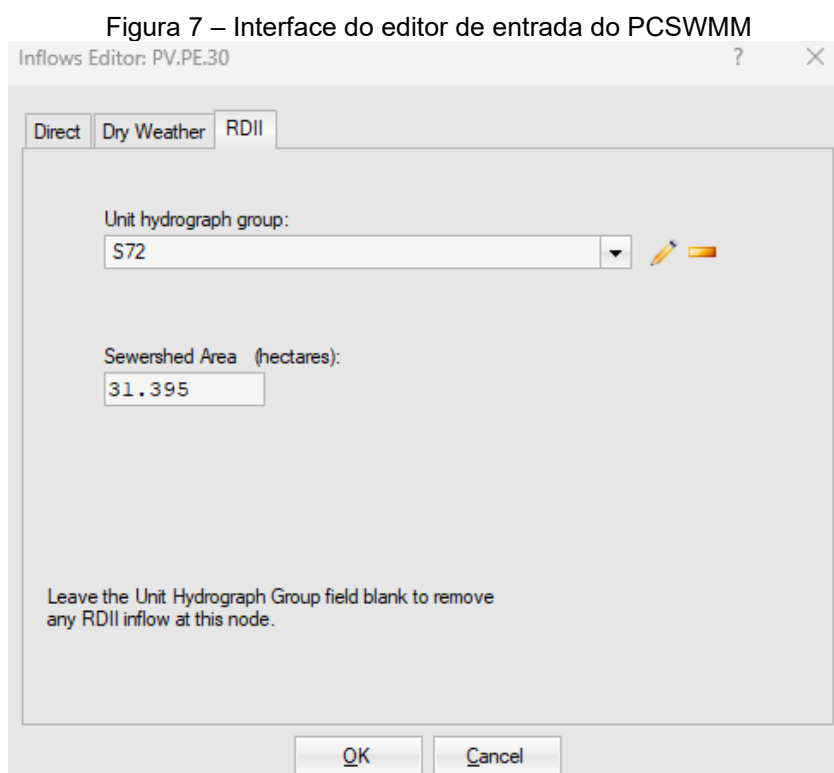
Tabela 2 – Resultados dos valores das variáveis T e K

Nome da Sub-Bacia	T			K		
	Período de Retorno			Período de Retorno		
	2	5	10	2	5	10
S53	0.862	0.806	0.909	1,67	1,67	1,67
S61	1.060	0.996	1.038	1,67	1,67	1,67
S65	0.954	0.882	0.910	1,67	1,67	1,67
S72	1.260	1.301	1.616	1,67	1,67	1,67
S73	0.523	0.452	0.522	1,67	1,67	1,67
S74	0.955	0.920	1.052	1,67	1,67	1,67

Fonte: Autoria Própria

3.5. Inserção de Dados no Software PCSWMM

Nas propriedades de cada junção (poços de visitas no caso desse sistema de esgotamento sanitário), é possível inserir dados de entrada de aflúncias de três tipos: direta, tempo seco e RDII. A Figura 7 mostra a interface de inserção de dados para o tipo de aflúncia RDII:

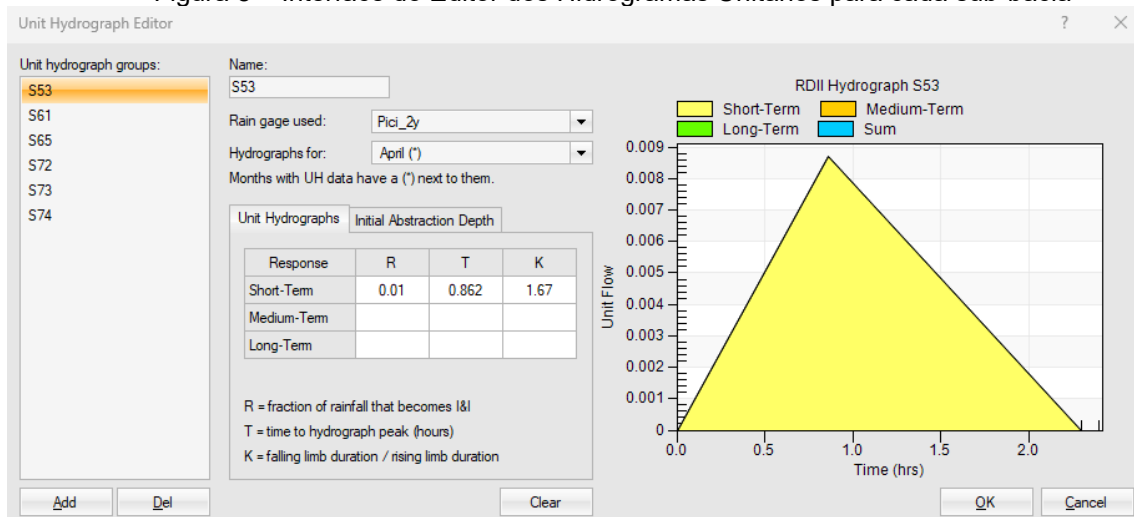


Fonte: Autoria Própria

É necessário escolher um hidrograma unitário (*Unit Hydrograph group*) referente à sub-bacia que a junção está localizada. A área de contribuição (*Sewershed Area*) que é referente à área que o RDII contribui para a junção em questão. Arbitrariamente, foi definido que cada sub-bacia contribui 5% de sua área total em cada junção devido à ausência de dados similar a metodologia de Fernandes (2017) e Fernandes *et al* (2017).

Nas opções do PCSWMM, está presente o editor do hidrograma unitário (*Unit Hydrograph Editor*). Foram aplicados os dados da Tabela 2 para cada sub-bacia no campo de resposta denominados *Short-term* caracterizado como o primeiro triângulo dos hidrogramas reais que indica o ingresso direto da água da chuva dentro do sistema como apresentado na figura 8. Para esse trabalho, apenas esse campo de resposta será objeto de estudo.

Figura 8 – Interface do Editor dos Hidrogramas Unitários para cada sub-bacia



Fonte: Autoria Própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Curva Intensidade-Duração-Frequência

O *software* PCSWMM cria curvas IDF com equações no formato da Equação 5, onde a , b e c são constantes características do local e t_0 é a duração da chuva.

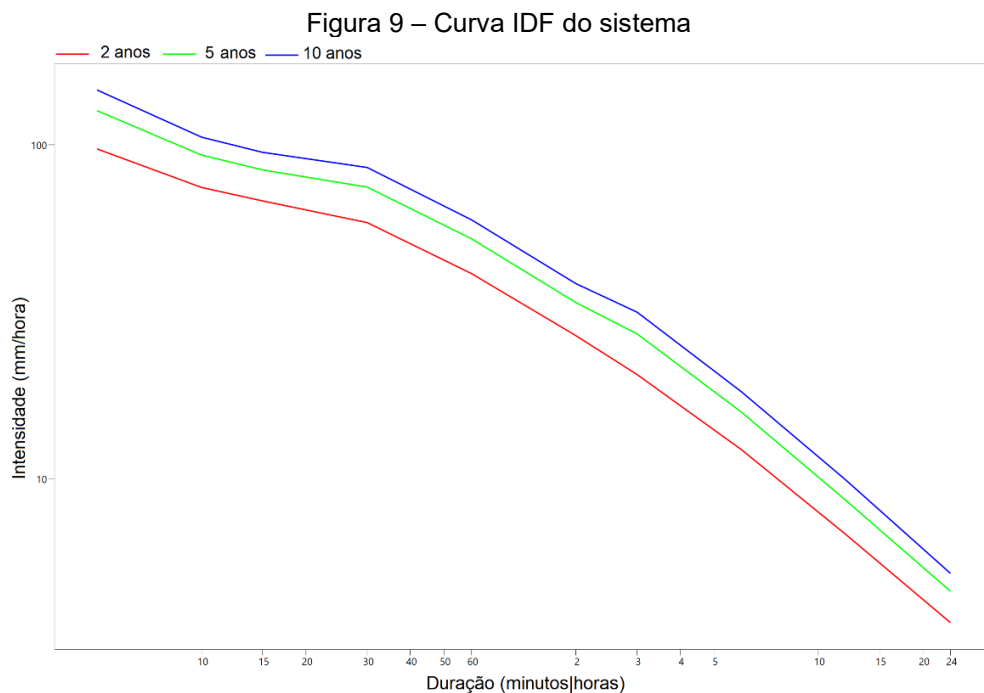
$$i = \frac{a}{(t_0 + b)^c} \quad (5)$$

Para cada período de retorno, o *software* aplica valores de constantes diferentes, já que não existe essa variável na equação. Os valores dessas constantes e a curva estão apresentados abaixo pela Tabela 3 e Figura 8, respectivamente.

Tabela 3 – Resultados dos valores das variáveis da equação IDF

Período de Retorno (anos)	a	b	c	R ²
2	2176.15	34.715	0.871	0.998
5	3060.09	36.968	0.887	0.997
10	3672.01	38.549	0.893	0.996

Fonte: Autoria Própria



Fonte: Autoria Própria

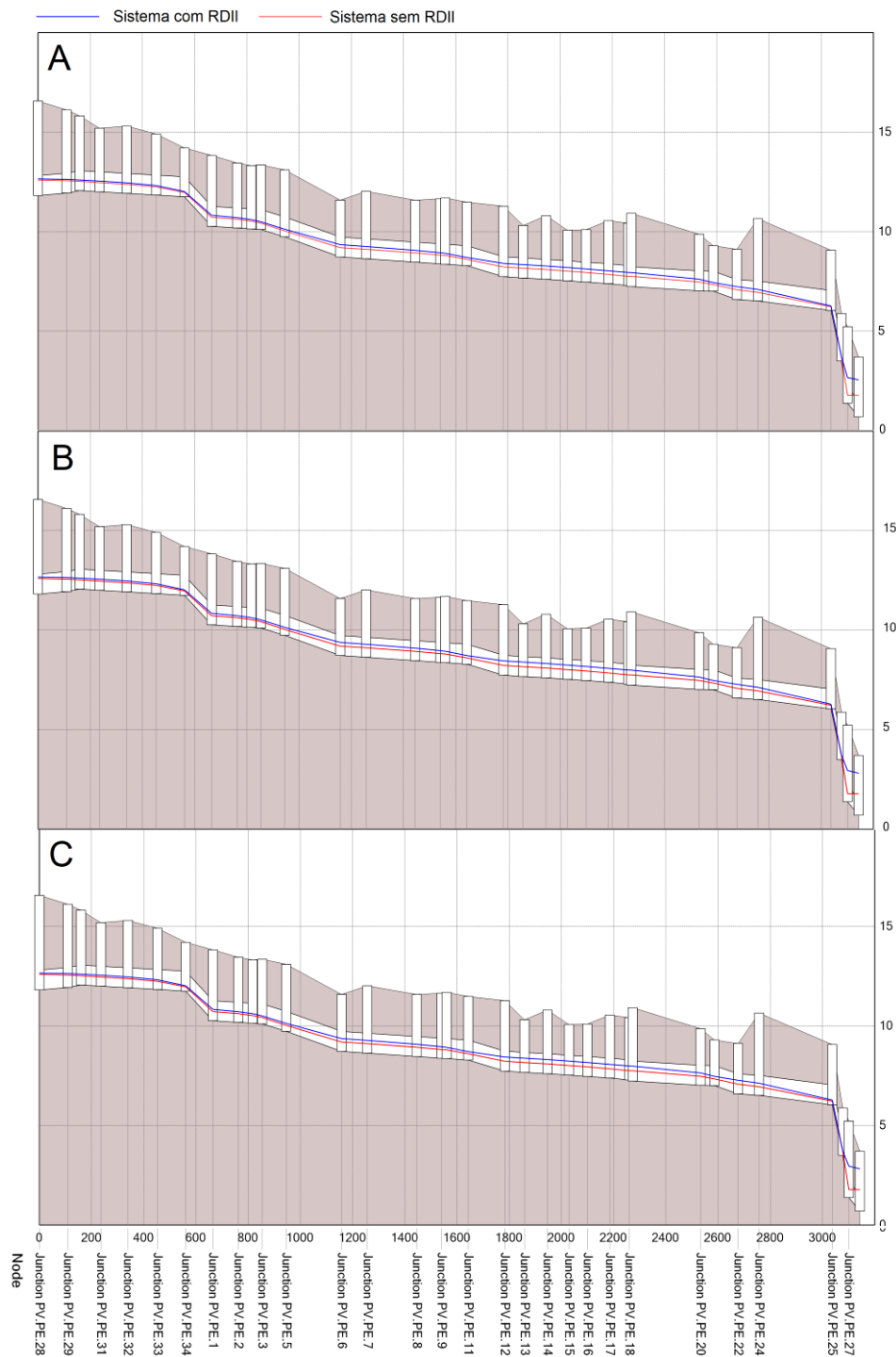
O PCSWMM depende de uma data pré-definida para que possa gerar os resultados, mas como o evento é derivado de uma curva IDF do tipo simétrico, ele não depende de uma data específica já que se trata de precipitações máximas. Logo, foi definido como data de estudo, o dia com maior precipitação do mês mais chuvoso do ano que possui menor variância com sua respectiva média anual da série de dados do posto pluviométrico do Pici. Assim, o dia definido foi 2 de abril de 1985.

4.2. Modelagem Hidráulica

Cada cenário foi estabelecido como uma parte do volume do evento de chuva que entra no sistema de esgotamento sanitário por meio da infiltração e/ou influxo direto (RDII) definido pelo valor do parâmetro R que, respectivamente, no cenário 1, 2, 3, 4 e 5 é igual a 0,01; 0,03; 0,05; 0,07 e 0,10.

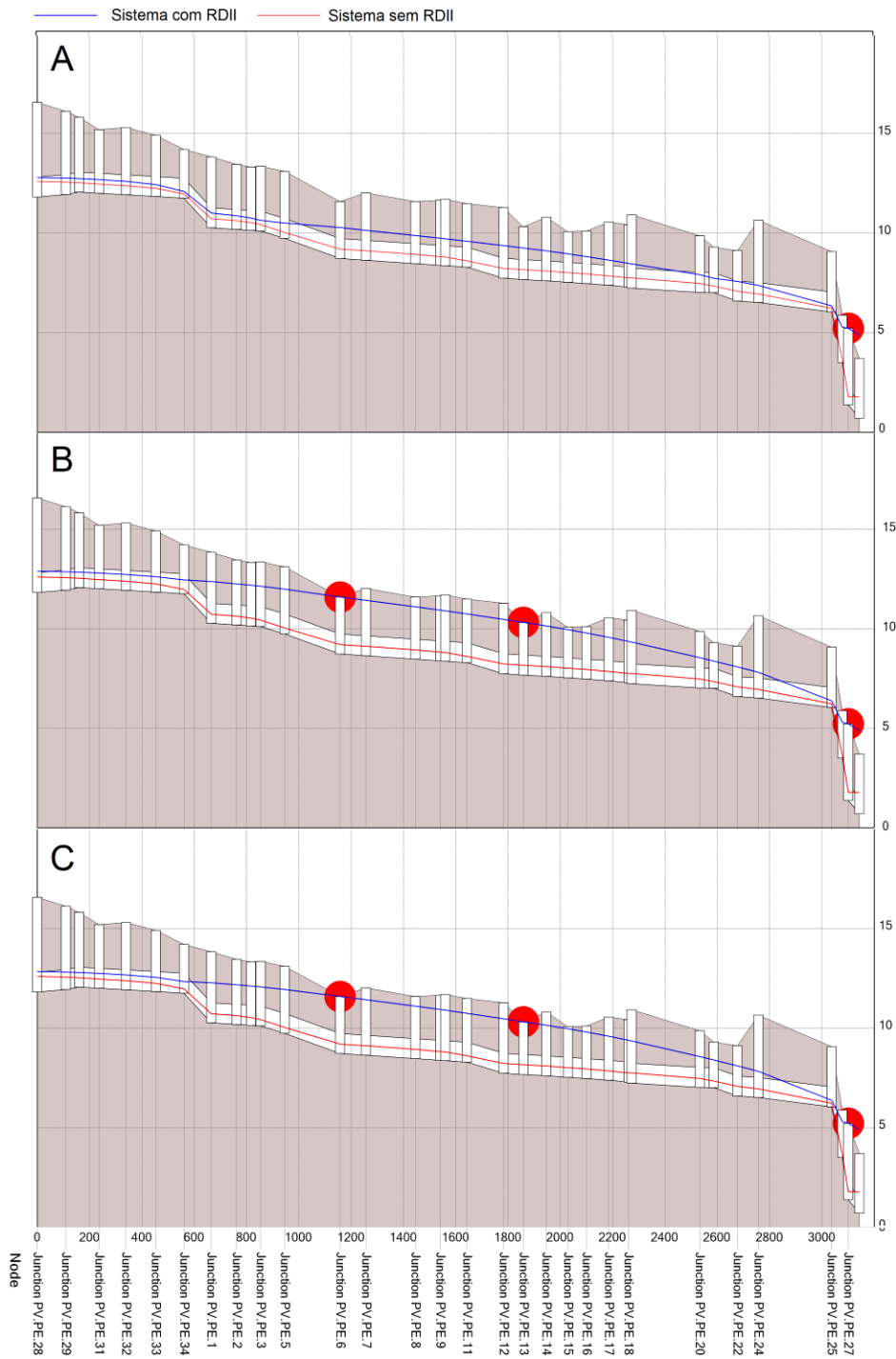
Foi produzido hidrogramas unitários para cada sub-bacia com base nesses dados da Tabela 2 e dos valores de R de cada cenário e aplicados no PCSWMM em cada período de retorno. O perfil hidráulico do coletor tronco apresentado na figura 6b de cada cenário é apresentado nas figuras abaixo, comparando o sistema sem RDII – considerando apenas a vazão de contribuição de esgoto – e o sistema com RDII – considerando a contribuição do esgoto e da chuva. O horário definido para o estudo dos perfis foi baseado no momento com mais pontos de extravasão, observado no horário de 13:30.

Figura 10 - Perfil Hidráulico do Cenário 1 referente a $R = 0,01$ para cada período de retorno (PR) aplicado. (A) PR = 2 anos (B) PR = 5 anos (C) = 10 anos.



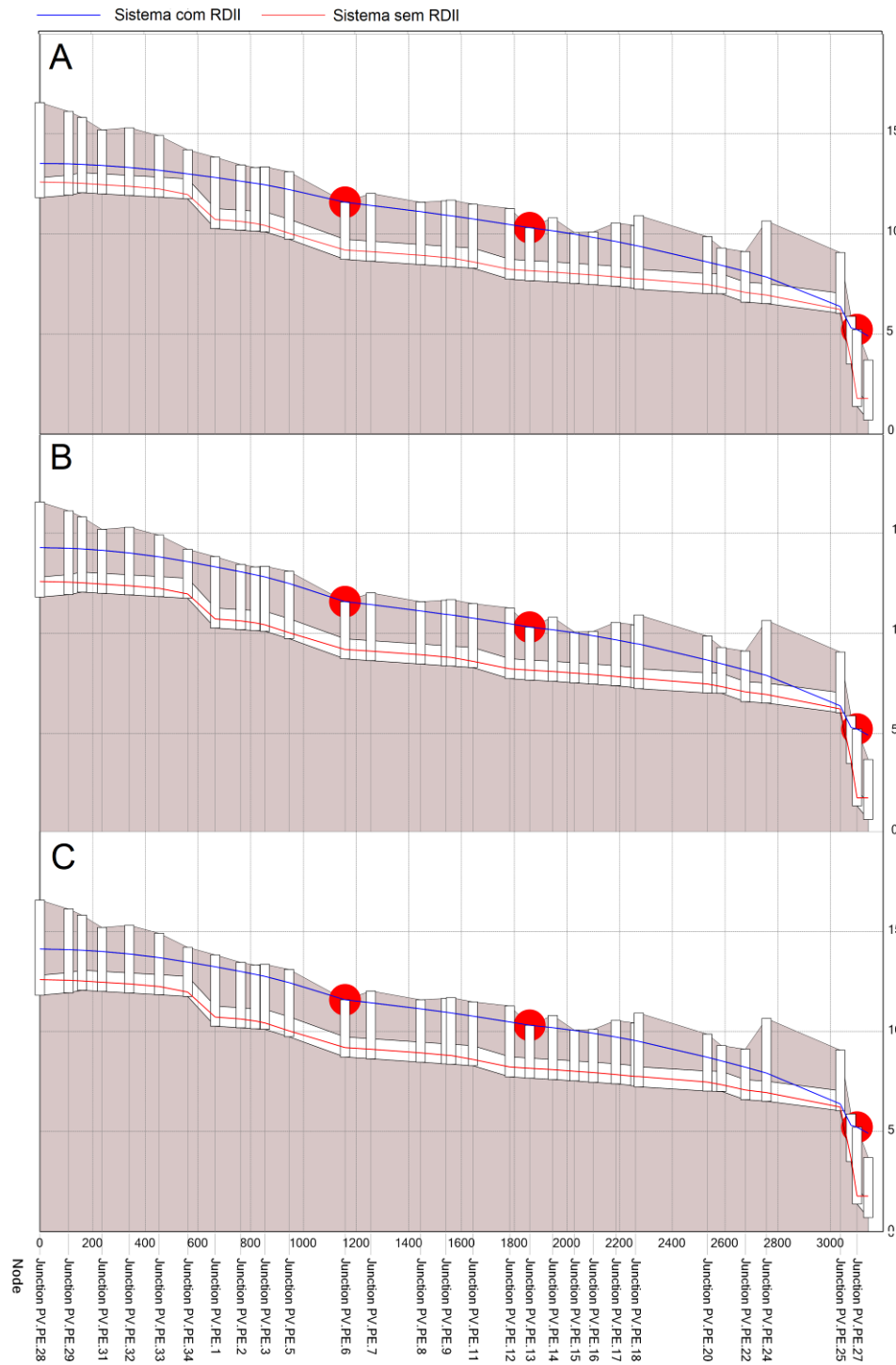
Fonte: Autoria Própria

Figura 11 - Perfil Hidráulico do Cenário 2 referente a $R = 0,03$ para cada período de retorno (PR) aplicado. (A) PR = 2 anos (B) PR = 5 anos (C) = 10 anos. Os círculos vermelhos representam pontos de extravasão.



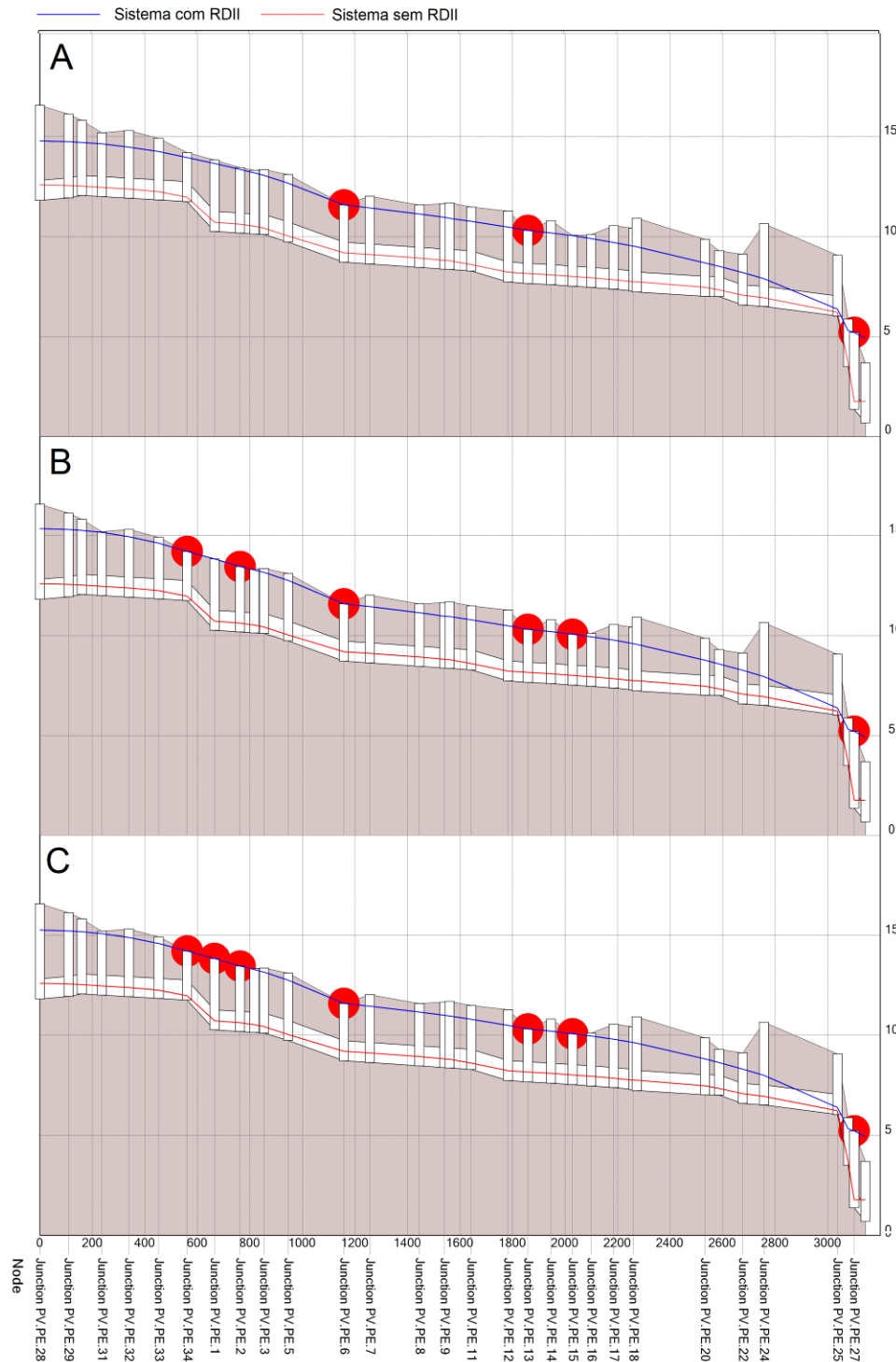
Fonte: Autoria Própria

Figura 12 - Perfil Hidráulico do Cenário 3 referente a $R = 0,05$ para cada período de retorno (PR) aplicado. (A) PR = 2 anos (B) PR = 5 anos (C) = 10 anos. Os círculos vermelhos representam pontos de extravasão.



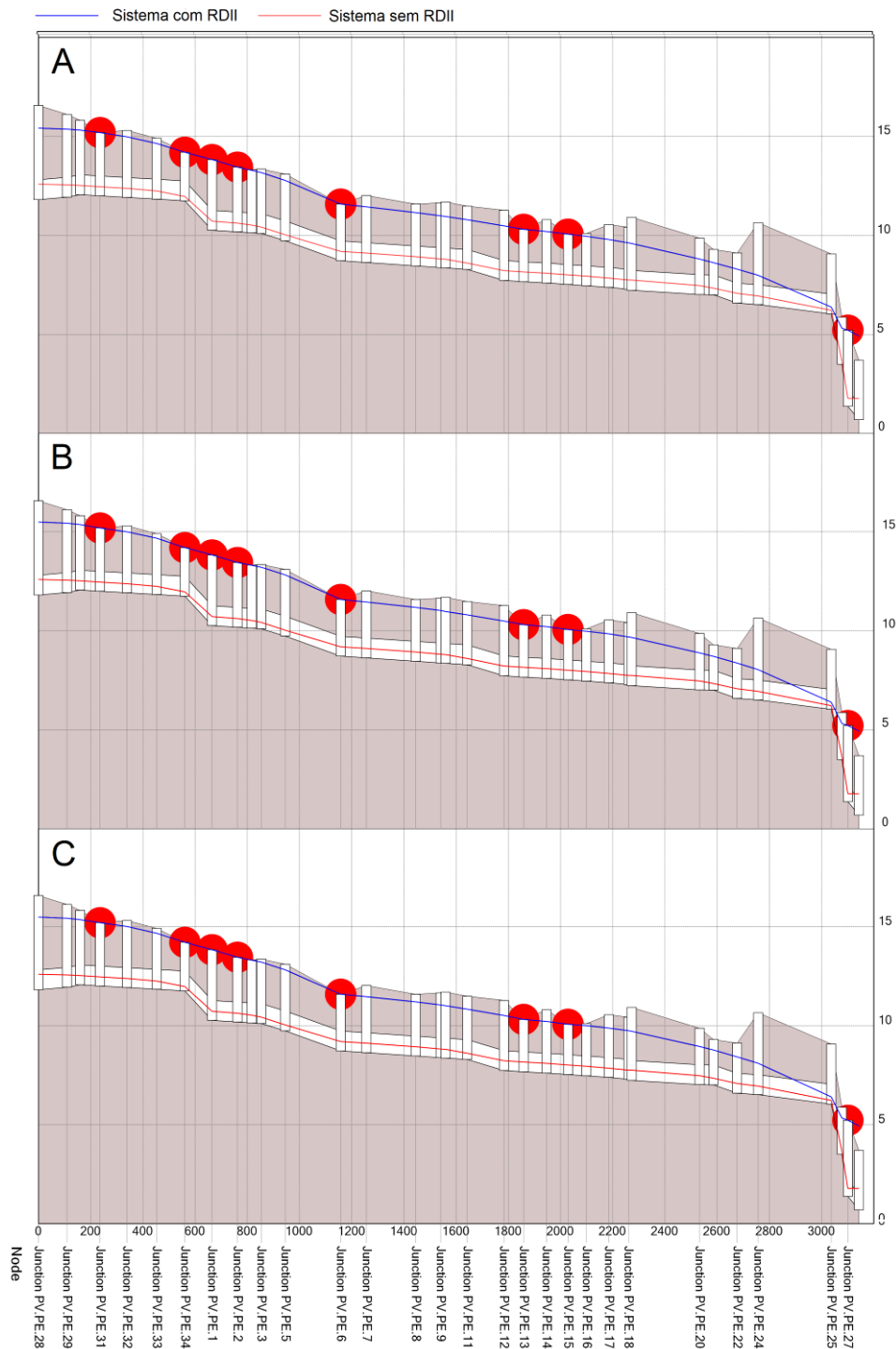
Fonte: Autoria Própria

Figura 13 - Perfil Hidráulico do Cenário 4 referente a $R = 0,07$ para cada período de retorno (PR) aplicado. (A) PR = 2 anos (B) PR = 5 anos (C) = 10 anos. Os círculos vermelhos representam pontos de extravasão.



Fonte: Autoria Própria

Figura 14 - Perfil Hidráulico do Cenário 5 referente a $R = 0,10$ para cada período de retorno (PR) aplicado. (A) PR = 2 anos (B) PR = 5 anos (C) = 10 anos. Os círculos vermelhos representam pontos de extravasão.

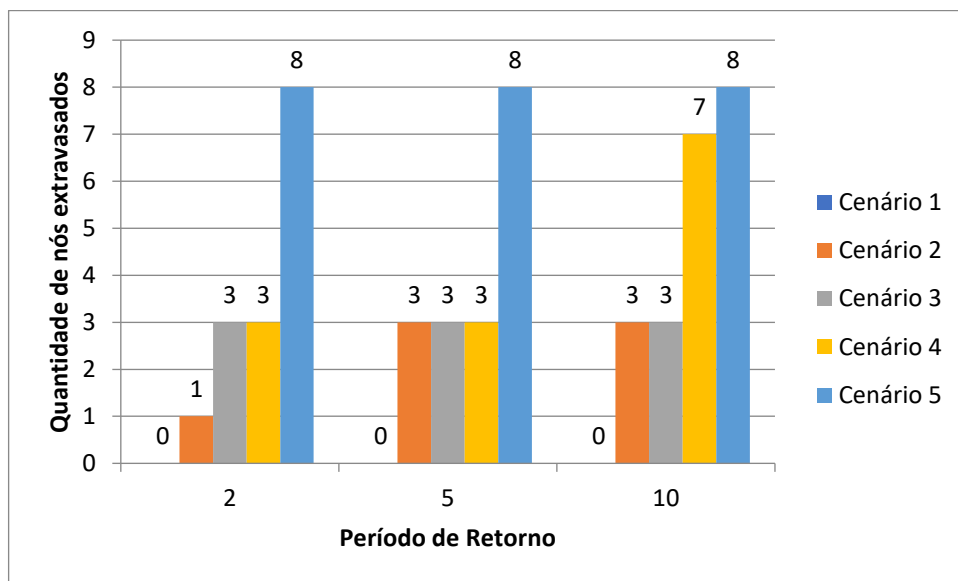


Fonte: Autoria Própria

Uma junção está sobrecarregada quando o nível da água está acima do ponto mais alto do conduto, fazendo com que as tubulações trabalhem de forma totalmente afogada. Pela Figura 1, é possível verificar que mesmo com um cenário

de baixa entrada de água pluvial, o sistema trabalha em sobrecarga. A partir do cenário 2, é possível identificar pontos de extravasamento, onde o nível da água alcança a superfície levando parte do efluente e infectando o local com os dejetos. A Figura 15 mostra o resumo da quantidade de extravasamento em cada cenário e período de retorno.

Figura 15 - Quantidade de nós extravasados por cenário e período de retorno



Fonte: Autoria Própria

Existem diversas variáveis que geram esses acontecimentos. O aumento de vazão e volume no sistema verificado nos diferentes cenários mostrados indica que esse parâmetro é de grande importância para prever pontos de inundação. Dimensionar com base em chuvas de frequências diferentes também são relevantes já que, como observado nas Figuras 11 e 13, períodos de retorno diferentes podem gerar diferentes efeitos.

Outra variável de grande importância é a profundidade do poço de visita. A Tabela 4 apresenta esse dado e os pontos de ocorrência de extravasamento.

Tabela 4 – Profundidade de cada poço de visita do sistema de esgotamento sanitário com os pontos de extravasamento em destaque.

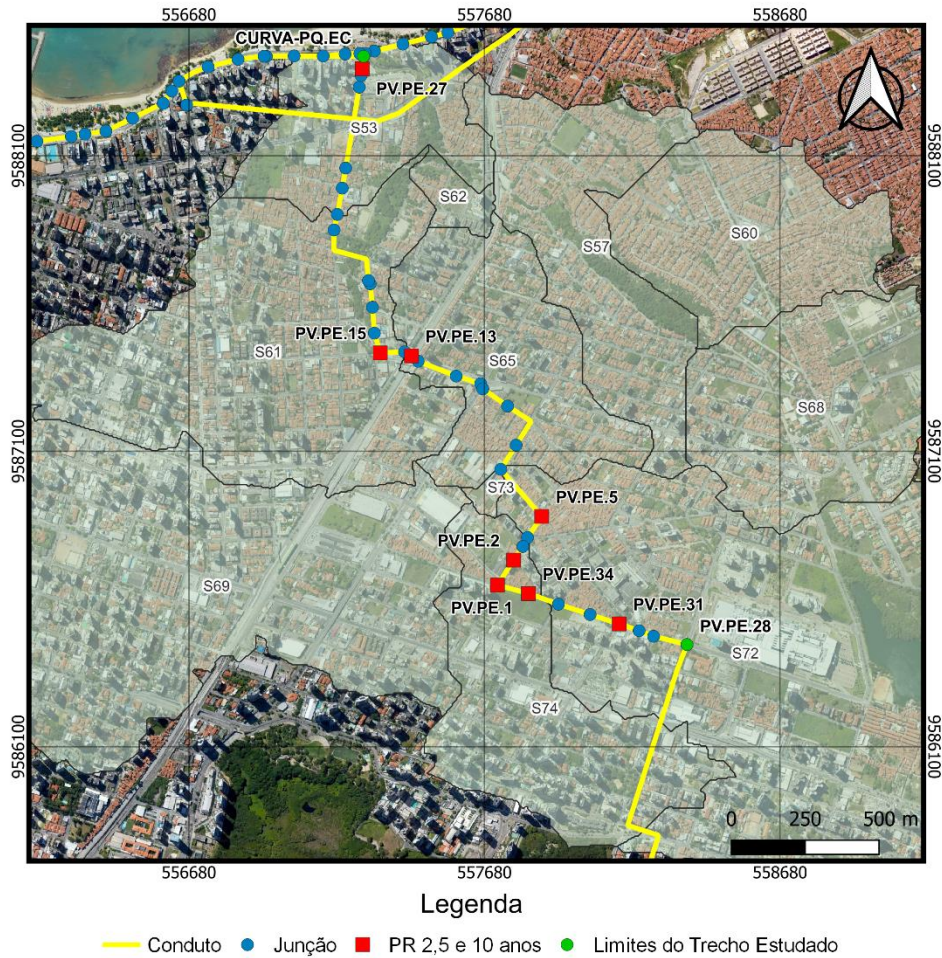
Nome	Profundidade (m)	Nome	Profundidade (m)
PV.PE.28	4,752	PV.PE.11	3,191
PV.PE.29	4,182	PV.PE.12	3,539
PV.PE.30	3,751	PV.PE.13	2,643
PV.PE.31	3,189	PV.PE.14	3,195
PV.PE.32	3,378	PV.PE.15	2,537
PV.PE.33	3,069	PV.PE.16	2,635
PV.PE.34	2,451	PV.PE.17	3,165
PV.PE.1	3,564	PV.PE.18	3,129
PV.PE.2	3,265	PV.PE.19	3,683
PV.PE.3	3,246	PV.PE.20	2,845
PV.PE.4	3,18	PV.PE.21	2,286
PV.PE.5	3,365	PV.PE.22	2,524
PV.PE.6	2,857	PV.PE.24	4,133
PV.PE.7	3,384	PV.PE.25	3,028
PV.PE.8	3,113	PV.PE.26	2,374
PV.PE.9	3,269	PV.PE.27	3,839
PV.PE.10	3,326	CURVA-PQ.EC	3

Fonte: Autoria Própria

A maioria dos pontos está extravasando por ter uma profundidade menor do que seus adjacentes como ocorre no PV.PE.31, PV.PE.34, PV.PE.6, PV.PE.13 e PV.PE.15. Os outros, apesar de ter maior profundidade comparada aos pontos adjacentes, o nível de seu terreno está abaixo do mesmo. É o que acontece nos pontos PV.PE.1, PV.PE.2 e PV.PE.27.

A localização desses pontos também pode ter influência já que foi determinada uma área de contribuição para cada uma delas que vai depender da sub-bacia onde ela está localizada. A Figura 16 abaixo ilustra os pontos de ocorrência de extravasamento e sua localização no cenário mais crítico.

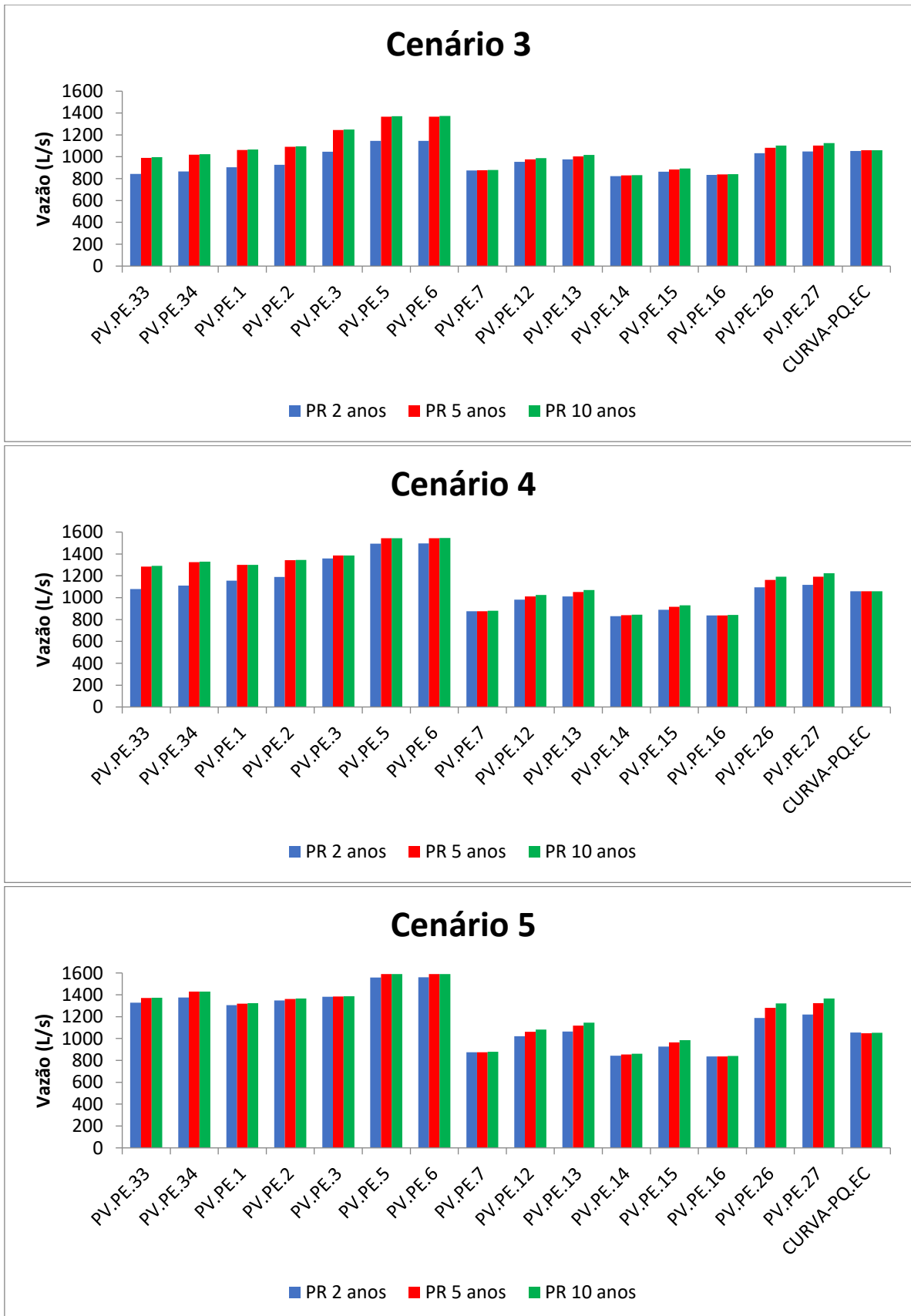
Figura 16 – Mapa de Localização dos pontos de ocorrência de extravasamento para cada período de retorno (PR) no cenário mais crítico (Cenário 5)



Fonte: Autoria Própria

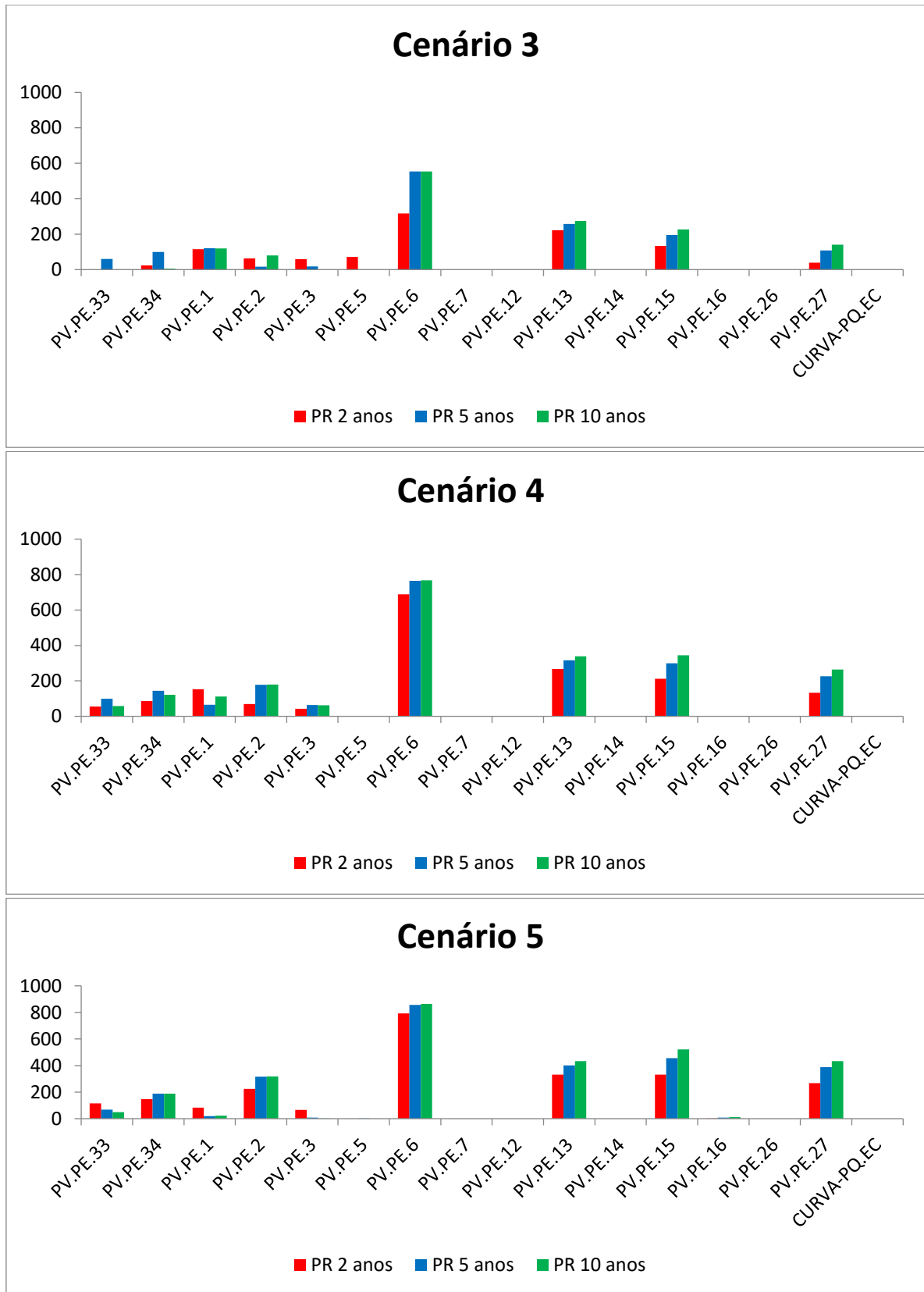
As figuras 17 e 18 apresenta, respectivamente, a comparação dos dados de vazão máxima e da vazão de extravasamento nos cenários mais críticos. Os dados numéricos de todos os nós do sistema estão apresentados no apêndice A e B.

Figura 17 – Comparação da vazão máxima entre os cenários mais críticos



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 18 – Comparação da vazão máxima de extravasamento entre os cenários mais críticos



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Existem outros trabalhos que tratam dessa problemática nos sistemas de esgotamento sanitário. No trabalho de Fernandes *et al* (2017), que simula cenários aplicados no interceptor leste do município de Fortaleza, que inclusive recebe contribuição do coletor tronco Parque Ecológico, e determina os pontos de ocorrência de extravasão. Para o cenário 3, onde foi considerado apenas a interferência de eventos chuvosos no interceptor, verificou-se um nó de extravasamento, que está a montante do nó que recebe a contribuição do coletor tronco desse trabalho.

Outro trabalho que determina pontos de extravasamento é o de Ferreira (2014), que usa como metodologia a mesma utilizada nesse trabalho, porém utiliza um *software* específico para calcular as variáveis R,T e K, o *Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning Toolbox* (SSOAP), que depende de dados reais de vazão. O autor também simula diferentes cenários, dentre eles, o cenário 3 faz um diagnóstico do interceptor para eventos de precipitação em diferentes períodos de retorno. Verificou-se pontos de extravasamento em um nó para período de retorno igual a 2 anos enquanto que para 5 anos, esse número se elevou para dois.

5. CONCLUSÃO

Com base no trabalho, conclui-se a importância de estabelecer uma estimativa da infiltração e influxo de águas pluviais nos sistemas de esgotamento sanitário. Apesar de ser uma cidade com baixa pluviometria comparada a outras capitais, Fortaleza, por sua característica topograficamente plana e com baixa cobertura de sistema de drenagem, apresenta problemas relacionados a inundações nos períodos chuvosos, repercutindo no aumento de contribuições parasitárias no sistema de esgotamento sanitário e consequentes extravasamento e contaminação podendo prejudicar a qualidade de vida da população.

Apesar do PCSWMM não ser um *software* livre tal como o SWMM, ele possui algumas vantagens principalmente relacionados à sua interface mais simplificada e intuitiva. O perfil hidráulico, mesmo que não seja uma ferramenta exclusiva, possui algumas particularidades que facilita na identificação de pontos de extravasamento, além de permitir a comparação entre cenários diferentes. O uso de uma curva IDF como cenário de precipitação máxima é uma ferramenta extremamente útil para modelagem de eventos expressivos e contempla as particularidades da área de estudo.

Mesmo não havendo dados relacionados à entrada de águas pluviais no sistema, a aplicação de cenários demonstra a aplicabilidade dessa metodologia em diferentes possibilidades, que pode não ser igual em todo o percurso do coletor tronco em questão. No trecho avaliado, alguns pontos específicos possuem maior possibilidade de ocorrência de extravasamento ocasionado pela contribuição pluvial tais como PV.PE.13 e PV.PE.14 (Figura 10). Esta condição acontece porque a cota do pavimento da via onde o PV está instalado é menor que seus adjacentes, ficando mais susceptível ao extravasamento pelo aumento do perfil hidráulico decorrente destas contribuições parasitárias. Em termos de profundidade, considerando que Fortaleza é plana, o projeto da rede de esgotamento sanitário e interceptor tende a cumprir sua declividade mínima de projeto ou acompanhar a topografia para manutenção da profundidade entre a via e a geratriz superior do tubo, em conformidade com normativo. Nestes dois pontos indicados, percebe-se declividade mínima para evitar profundidades que possam inviabilizar a manutenção e operação ao final de todo o percurso, na EPC. A identificação destes pontos poderá ser objeto de proposições de soluções de engenharia na infraestrutura existente de forma que

nesses trechos possa-se evitar ou minimizar o extravasamento, maximizar soluções de drenagem e ainda como proposição de metodologia para determinação de indicadores mais adequados na fase de projetos futuros, desde que, resguarde as condições de sistema separador.

A determinação da entrada de água pluvial nos sistemas de esgotamento sanitário é extremamente complexa por depender de inúmeros fatores. A metodologia RTK facilita o processo ao fazer a relação da vazão do sistema com as chuvas na localidade. O ideal é que se tenham dados de vazão reais no período seco e no período chuvoso para ter valores de R, T e K mais próximos à realidade.

Considerando o objetivo principal do trabalho de avaliar o efeito da drenagem de águas pluviais no coletor tronco do Parque Ecológico localizado no município de Fortaleza, percebe-se que o trecho avaliado é altamente impactado, a depender do cenário avaliado, incorrendo em extravasamento por contribuições pluviais parasitárias, em especial nos pontos de menor cota, resultando em condições anormais de funcionamento da rede e impacto social e ambiental.

Portanto, a fim de melhorar o sistema, algumas sugestões são destacadas para futuros trabalhos:

- Realizar medições de vazões no período seco e chuvoso pelo menos no nó final do coletor tronco;
- Realizar medições de vazões nos pontos de extravasamento;
- Aplicar a metodologia para outros coletores e para os interceptores;
- Comparar os pontos que ocorrem sobrecarga e extravasamento analisado pelo *software* com o que ocorre na prática;
- Simular para outros valores de período de retorno;
- Comparar a curva IDF do *software* com o de outros trabalhos;
- Calibrar e validar o modelo para operação.

REFERÊNCIAS

AKHTER, M.; HEWA, G. The Use of PCSWMM for Assessing the Impacts of Land Use Changes on Hydrological Responses and Performance of WSUD in Managing the Impacts at Myponga Catchment, South Australia. **Water**, v. 8, n. 11, p. 511, 4 nov. 2016.

AZEVEDO NETTO, J. M., (at. al) – Manual de Hidráulica – 8ª ed. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. 1998. 669p.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB/Francisco de Assis dos Reis Barbosa**. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Tecnologia, 2006.

BENNET, D., ROWE, R., STRUM, M., & WOOD, D., 1999. Using Flow Prediction Technologies to Control Sanitary Sewer Overflows. Water Environment Research Foundation (WERF), Project 97-CTS-8. 197 pp.

BORGES, Marília Candida Pinto. **Estudo para Implantação de Técnicas de Drenagem Sustentável na Região Administrativa Guará II do Distrito Federal**. 2018. 84 p. Monografia de Projeto Final (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CABRAL, J.J.S.P.; MASCARENHAS, F.B.; CASTRO, M.A.H.; MIGUEZ, M.G.; PEPLAU, G.R.; BEZERRA A.A. Modelos Computacionais para Drenagem Urbana. *In*: RIGHETTO, Antônio Marozzi (Coord.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro, ABES, 2009. p. 112-148.

CAMPOS, J. N. B. ; RABELO, U. P. ; LIMA NETO, I. E. . The Bell-Shaped Unit Hydrograph for Overland Planes. JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING, v. 146, p. 06020001, 2020.

CÂNDIDO, João Ricardo Souteiro. **Modelação Dinâmica de Sistemas de Drenagem em Meio Urbano**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, dezembro de 2013.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPCÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**. Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 94-108, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S307>. Acesso em: 21 abr. 2022

COSTA, Maria Elisa Leite. **Monitoramento e Modelagem de Águas de Drenagem Urbana na Bacia do Lago Paranoá**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

DELGADO, Juliana A. S. A várzea e as enchentes. **Confins [En ligne]**, 44 | 2020. [S.l.], 15 mar. 2020. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/26012>. Acesso em: 22 abr. 2022.

DIAS, A. P. Análise da interconexão dos sistemas de esgotos sanitário e pluvial da cidade do Rio de Janeiro: Valorização das coleções hídricas sob perspectiva sistêmica. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

FERNANDES, Laryssa Barbosa. **MODELAGEM HIDRÁULICA DO INTERCEPTOR LESTE DE FORTALEZA UTILIZANDO O SWMM**. 2017. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental.) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FERNANDES, Laryssa Barbosa. PEREIRA, Silvano Porto. LIMA, Andréia de Freitas. BEZERRA, Claudiane Quaresma Pinto. GONDIM, Ronner. Modelagem Hidráulica do Interceptor Leste da Bacia Vertente Marítima de Fortaleza. *In: Congresso ABES*, 29., 2017, São Paulo, Trabalho Completo, Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/II-531.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2022.

FERREIRA, Paulo César Morgado. **Modelação Dinâmica de Sistemas de Drenagem Urbana**: Aplicação a um caso de estudo. 2014. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO E DO AFLUXO DEVIDOS À PRECIPITAÇÃO NA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE**. 2006. 97 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

FONSECA NETO, G. C. ; CABRAL, J. J. S. P. . Modelagem Chuva-Vazão de Dois Riachos Urbanos Afluentes do Baixo Capibaribe. *In: XXIII Congresso de Iniciação Científica da UFPE*, 2015, Recife. **XXIII Congresso de Iniciação Científica**, 2015.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **Canal Urbanismo e Meio Ambiente**, Arquivos KMLs e KMZs. Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/infocidade/11-arquivos-kml-s-e-kmz-s>. Acesso em: 02 jul. 2022.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza, Secretaria Municipal Saúde, Sistema de Monitoramento de Agravos - SIMDA. **POPULAÇÃO CONSOLIDADA POR BAIRRO SEGUNDO A FAIXA ETÁRIA, FORTALEZA, 2021-2022****. Fortaleza, 2022. Disponível em: < <https://simda.sms.fortaleza.ce.gov.br/simda/populacao/faixa> >. Acesso em: 24 jun. 2022.

GEITH, Hazem. A Detailed Procedure for Separating RDII Stages and Generating a Single Set of RTK Hydrographs for Continuous Simulation. **Journal of Water**

MANAGEMENT MODELING, v. 19, CHI JWMM R241-11, 2011. DOI 10.14796/JWMM.R241-11. Disponível em: <https://www.chijournal.org/R241-11>. Acesso em: 5 nov. 2022.

GIRONÁS, G; ROESNER, L.A.; DAVIS, J. **Storm water management model Applications manual**. U.S. Environmental protection agency, 2009.

TERESINA. *In*: **SRHN - SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 15, 2020, Aracaju, ABHRHIDRO. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/79/END136.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

LUCAS, Alessandro Hirata; SOBRINHA, Loide Angelina; MORUZZI, Rodrigo Braga; BARBASSA, Ademir Paceli. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia Ambiental e Sanitária**. [S. l], v. 20, n. 1, p. 17-28, jan/mar 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000079923>. Acesso em: 22 abr. 2022.

LUCAS, Alessandro Hirata; SOBRINHA, Loide Angelina; MORUZZI, Rodrigo Braga; BARBASSA, Ademir Paceli. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia Ambiental e Sanitária**. [S. l], v. 20, n. 1, p. 17-28, jan/mar 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000079923>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MATOS, J. M. D. S. G., 2006. Ambiente e Saneamento – Sistemas de Drenagem Urbana. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. 276 pp.

MELO, Marcos José Vieira de. **Medidas Estruturais e não-estruturais de Controle de Escoamento Superficial Aplicáveis na Bacia do Rio Frágoso na Cidade de Olinda**. 2007. 172 f. Tese (Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, 2007.

MENDES, Alesi Teixeira. **Dispositivos de Drenagem Urbana de Baixo Impacto para Diminuição da Vazão no Sistema de Microdrenagem da Bacia Urbana do Córrego Brejo Comprido, Palmas – TO**. 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas, Palmas, 2019.

MESQUITA, Janine Brandão de Farias. **Modelagem da Drenagem Urbana e Avaliação das Cargas Bacteriológicas na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará**. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2018.

MESQUITA, Janine Brandão Farias; PEREIRA, Silvano Porto e Lima; NETO, Iran Eduardo. Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas

na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. 2020, v. 25, n. 1, pp. 205-216. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522020189161>> Acesso em: 24 jun. 2022.

METCALF; EDDU. Inc. Ingeniería Sanitaria, Tratamiento, evacuación y reutilización de águas residuales, 2ª. ed., Ed. Labor S/A. Barcelona. 1985. 969p.

MORAES, J. M. 2003. Propriedades físicas dos solos na parametrização de um modelo hidrológico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(1):61-70.

MUTTI, Pedro Rodrigues. **AVALIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ADOÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO TIPO SEPARADOR ABSOLUTO OU UNITÁRIO EM ÁREAS URBANAS DE CLIMA TROPICAL**. 2015. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental.) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE. 2015. Draft Chapter 4: Storm Rainfall Depth and Distribution. In Part 630 Hydrology: National Engineering Handbook.

OJIMA, Ricardo; COSTA, José Vilton; CALIXTA, Renata Kissya. “Minha vida é andar por esse país...”: a emigração recente no semiárido setentrional, políticas sociais e meio ambiente. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, n. 43, p. 149-167, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-85852503880004310>. Acesso em: 22 abr. 2022.

RODRIGUES, Lorrany Antunes Alves. **Impacto do Processo de Urbanização na Formação de Enchentes e Alagamentos em Belo Horizonte, MG**. 2020. 67 f. Monografia (Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais), Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2020.

ROSSMAN, L. A.. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Cincinnati: U.S.Environmental Protection Agency (EPA), 352p. 2015.

SHINMA, Taís Arriero. **Calibração multiobjetivo do SWMM aplicada à transformação chuva-vazão**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento), Programa de Pós-Graduação, Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, Wesley Michael Pereira; FARIAS, Mirelly de Oliveira; JUNIOR, João Farias da Costa; BEZERRA, Saulo de Tarso; CIRILO José Almir. Identificação de Áreas Vulneráveis às Enchentes e Inundações e Práticas Sustentáveis na Cidade de Caruaru – PE. In: **SRHN - SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 15, 2020, Aracaju, ABHRHIDRO. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6982>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Fator de Pico para Hidrogramas Unitários Sintéticos Triangulares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 46 - 52, jan/mar 2016. DOI [dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p46-52](https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p46-52). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/WX5jx9kHkdXp3z8fpN5GZ5S/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

SOUZA, Vladimir Borges de. Gestão da Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S.], v.1, n. 1, p. 58-72, 2013. DOI: 10.9771/gesta.v1i1.7105. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SOUZA, Vladimir Borges de. Gestão da Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S.], v.1, n. 1, p. 58-72, 2013. DOI: 10.9771/gesta.v1i1.7105. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 22 abr. 2022.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas . **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 22 abr. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Reimpressão 1 ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.

TUCCI, Carlos E. M. *et al.* **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015. 943 p. ISBN 978-85-7025-924-0.

VOLSCHAN, I.; TSUTIYA, M. T.; MARTINS, R. H. O.; YAZAKI, L. F. O. Sistema unitário x sistema separador absoluto. *Revista Dae*, São Paulo, v. 57, n. 180, p. 40-43, maio 2009. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_180_n_1708.pdf. Acesso em: 02 out. 2022.

WALSKI, Tom. RTK for RDII. *Virtuosity Blog*. 03/07/2021. Disponível em: <https://blog.virtuosity.com/hydraulics-hydrology/rtk-for-rdii>. Acesso em: 4 nov. 2022

WEF, COLLECTION SYSTEMS CONFERENCE, 2017, Indianapolis. **Sanitary Sewer Systems: Rainfall Derived Infiltration and Inflow (RDII) Modeling**, 24/01/2017. Disponível em: <https://www.wef.org/globalassets/assets-wef/direct-download-library/public/03---resources/wsec-2017-fs-001-rdii-modeling-fact-sheet---final.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

WEF, COLLECTION SYSTEMS CONFERENCE, 2019, Indianapolis. **Sanitary Sewer Flow Monitoring and Data Analytics**, 19/09/2019. Disponível em: <https://www.wef.org/globalassets/assets-wef/direct-download-library/public/03--->

[resources/wsec-2019-fs-011---csc---flow-monitoring-and-data-analytics---final.pdf](#).
Acesso em: 3 nov. 2022.

Apêndice A – Vazão Máxima

Tabela A.1 – Vazão Máxima para cada cenário no período de retorno igual a 2 anos

Nome	Vazão Máxima (l/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	577,79	1056,55	1069,29	1065,25	1063,44
PV.PE.1	395,34	646,49	910,93	1159,49	1305,33
PV.PE.10	456,95	832,8	942,23	958,47	960,78
PV.PE.11	460,57	837,58	950,05	964,69	978,11
PV.PE.12	464,13	840,63	958,04	981,49	1020,99
PV.PE.13	467,54	850,45	975,61	1011,43	1063,71
PV.PE.14	502,93	899,67	1014,42	1021,52	1023,75
PV.PE.15	510,49	921,79	1035,46	1038,39	1039,84
PV.PE.16	518,07	944,2	1056,47	1056,17	1056,49
PV.PE.17	525,64	967,42	1083,33	1083,95	1084,25
PV.PE.18	533,2	990,75	1112,73	1114,26	1114,82
PV.PE.19	540,83	1014,06	1143,86	1148,58	1157,77
PV.PE.2	399,58	659,24	934,76	1191,74	1348,96
PV.PE.20	548,27	1037,23	1184,5	1205,04	1221,68
PV.PE.21	550,54	1043,2	1200,34	1227,67	1251,34
PV.PE.22	565,72	1062,25	1229,4	1261,94	1296,68
PV.PE.24	568,08	1069,17	1245,65	1284,45	1329,13
PV.PE.25	570,31	1075,39	1261,81	1307,04	1361,43
PV.PE.26	572,71	1082,51	1276,37	1328,66	1391,7
PV.PE.27	575,24	1090,15	1292,67	1351,39	1424,1
PV.PE.28	283,38	316,21	352,76	391,94	450,69
PV.PE.29	299,28	371,67	472,38	529,24	646,76
PV.PE.3	423,36	730,06	1054,74	1359,44	1383,71
PV.PE.30	315,33	430,16	549,29	666,97	843,2
PV.PE.31	332,74	488,66	654,68	805,22	1039,87
PV.PE.32	352,2	547,09	759,14	942,75	1135,68
PV.PE.33	371,64	605,49	844,65	1080,14	1329,36
PV.PE.34	375,93	618,41	867,81	1112,31	1375,23
PV.PE.4	403,86	671,83	958,01	1222,27	1249,61
PV.PE.5	442,84	788,3	1153,11	1496,99	1559,47
PV.PE.6	442,76	785,55	1154,64	1497,58	1560,11
PV.PE.7	446,2	795,27	921,18	940,32	940,83
PV.PE.8	449,77	803,64	928,24	946,5	947,57
PV.PE.9	453,34	812,86	935,32	952,66	954,29

Fonte: Autoria Própria

Tabela A.2 – Vazão Máxima para cada cenário no período de retorno igual a 5 anos

Nome	Vazão Máxima (l/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	643,61	1065,9	1068,71	1066,46	1063,19
PV.PE.1	426,79	750,28	1068,58	1300,33	1319,59
PV.PE.10	503,05	928,2	965,34	967,48	961,51
PV.PE.11	507,45	937,97	970,92	973,04	1006,3
PV.PE.12	511,74	947,67	976,79	1011,33	1062,94
PV.PE.13	515,78	957,39	1004,4	1050,94	1119,4
PV.PE.14	553,06	1008,2	1025,38	1026,26	1023,64
PV.PE.15	562,5	1031,82	1040,85	1041,07	1039,54
PV.PE.16	572	1056,04	1056,29	1056,52	1056,03
PV.PE.17	581,5	1082,93	1083,82	1083,65	1083,52
PV.PE.18	591	1111,99	1113,9	1114,85	1114,02
PV.PE.19	600,67	1140,88	1147,55	1153,11	1159,48
PV.PE.2	431,92	759,96	1097,8	1343,93	1363
PV.PE.20	610	1172,73	1200,84	1218,22	1233,23
PV.PE.21	612,81	1184,47	1220,92	1245,37	1271,19
PV.PE.22	628,55	1209,1	1254,75	1288	1326,68
PV.PE.24	631,5	1221	1276,03	1317,79	1369,23
PV.PE.25	634,31	1232,85	1297,2	1347,49	1411,82
PV.PE.26	637,34	1244,35	1317,01	1375,12	1451,1
PV.PE.27	640,45	1256,44	1338,33	1404,82	1493,38
PV.PE.28	287,18	328,31	377,3	426,29	499,77
PV.PE.29	306,84	401,95	500,08	598,06	744,99
PV.PE.3	461,55	835,84	1250,37	1386,58	1384,97
PV.PE.30	328,09	474,09	623,73	770,12	991,13
PV.PE.31	352,53	546,48	748,46	942,67	1237,82
PV.PE.32	376,95	618,16	871,79	1112,48	1137,75
PV.PE.33	401,34	689,99	994,88	1283,96	1371,81
PV.PE.34	406,51	704,17	1024,22	1324,2	1429,39
PV.PE.4	437,09	769,65	1127,13	1252,97	1245,46
PV.PE.5	486	908,67	1373,4	1544,29	1589,63
PV.PE.6	485,97	908,82	1373,92	1544,82	1590,23
PV.PE.7	490,21	901,94	947,86	949,98	942,58
PV.PE.8	494,46	910,65	953,77	955,85	949
PV.PE.9	498,65	919,31	959,71	961,67	955,38

Fonte: Autoria Própria

Tabela A.3 – Vazão Máxima para cada cenário no período de retorno igual a 10 anos

Nome	Vazão Máxima (l/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	643,58	1066,33	1067,28	1065,57	1065,72
PV.PE.1	428,02	763,39	1071,9	1301,09	1323,31
PV.PE.10	503,46	936,89	979,59	982,7	982,89
PV.PE.11	507,53	944,49	984,01	986,78	1019,25
PV.PE.12	511,5	952,33	988,68	1025,42	1082,35
PV.PE.13	515,35	960,68	1017,73	1069,45	1145,26
PV.PE.14	552,49	1010,36	1032,16	1032,83	1033,96
PV.PE.15	561,81	1032,75	1043,78	1043,85	1045,2
PV.PE.16	571,17	1055,08	1055,78	1055,7	1056,49
PV.PE.17	580,55	1082,16	1081,89	1082,22	1082,28
PV.PE.18	589,93	1111,71	1112,93	1113,21	1112,68
PV.PE.19	599,62	1141,76	1148,48	1152,28	1156,73
PV.PE.2	433,14	772,15	1100,58	1344,72	1366,94
PV.PE.20	609	1177,83	1208,64	1222,68	1237,39
PV.PE.21	611,87	1190,82	1231,32	1253,99	1281,69
PV.PE.22	627,69	1216,48	1266,76	1298,78	1340,21
PV.PE.24	630,73	1229,44	1289,42	1330,72	1385,91
PV.PE.25	633,71	1242,35	1312,15	1362,65	1431,78
PV.PE.26	636,87	1254,91	1334,21	1392,67	1474,31
PV.PE.27	640,13	1267,88	1357,12	1424,62	1519,74
PV.PE.28	284,53	328,92	378,32	427,71	501,8
PV.PE.29	304,08	403,73	502,08	600,73	749,1
PV.PE.3	462,95	844,92	1253,32	1386,85	1387,52
PV.PE.30	328,72	476,49	626,32	774,18	996,88
PV.PE.31	353,37	550,07	751,35	947,9	1245,17
PV.PE.32	378	623,32	875,42	1119,53	1135,78
PV.PE.33	402,62	696,34	999,33	1292,38	1373,44
PV.PE.34	407,77	711,01	1028,09	1332,21	1430,54
PV.PE.4	438,33	780,76	1129,33	1250,02	1254,25
PV.PE.5	487,61	919	1377,19	1544,99	1590,6
PV.PE.6	487,61	919,17	1377,62	1545,51	1591,15
PV.PE.7	491,55	915,35	965,55	970,02	969,39
PV.PE.8	495,5	922,33	970,25	974,27	973,97
PV.PE.9	499,4	929,49	974,96	978,43	978,45

Fonte: Autoria Própria

Apêndice B – Vazão Máxima na Superfície

Tabela B.1 – Vazão Máxima na Superfície para cada cenário no período de retorno igual a 2 anos

Nome	Máxima Vazão na Superfície (L/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	0	0	0	0	0
PV.PE.1	0	0	167,83	251,65	305,71
PV.PE.10	0	0	0	63,52	13,09
PV.PE.11	0	0	98,05	104,72	108,62
PV.PE.12	0	0	0	0	0
PV.PE.13	0	0	113,35	244,09	331,38
PV.PE.14	0	0	0	0	0
PV.PE.15	0	0	38,73	38,88	128,09
PV.PE.16	0	0	2,09	0	0,77
PV.PE.17	0	0	0	0	0
PV.PE.18	0	0	0	0	0
PV.PE.19	0	0	0	0	0
PV.PE.2	0	0	119,84	31,72	224,4
PV.PE.20	0	0	68,36	0	36,07
PV.PE.21	0	0	19,64	44,87	53,87
PV.PE.22	0	0	20,41	88,14	73,42
PV.PE.24	0	0	0	120,52	138,78
PV.PE.25	0	0	0	0	0
PV.PE.26	0	0	0	0	0
PV.PE.27	0	62,36	278,63	362,44	465,97
PV.PE.28	0	0	0	60,49	120,79
PV.PE.29	0	0	0	0	23,35
PV.PE.3	0	0	0	13,11	0,64
PV.PE.30	0	0	0	19,82	38,17
PV.PE.31	0	0	5,3	49	101,97
PV.PE.32	0	0	0	74,46	12,4
PV.PE.33	0	0	0	51,16	0,72
PV.PE.34	0	0	33,78	183,32	133,49
PV.PE.4	0	0	17,38	21,73	19,79
PV.PE.5	0	0	0	0	0
PV.PE.6	0	77,57	327,96	690,93	792,55
PV.PE.7	0	0	0	0	150,15
PV.PE.8	0	0	109,31	61,76	64,85
PV.PE.9	0	0	0	49,02	13,79

Fonte: Autoria Própria

Tabela B.2 – Vazão Máxima na Superfície para cada cenário no período de retorno igual a 5 anos

Nome	Máxima Vazão na Superfície (L/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	0	0	0	0	0
PV.PE.1	0	0	272,43	288,36	322,53
PV.PE.10	0	12,57	0	0	0
PV.PE.11	0	97,35	120,5	89,76	76,57
PV.PE.12	0	0	0	0	0
PV.PE.13	0	33,93	215,52	315,63	400,64
PV.PE.14	0	0	0	0	0
PV.PE.15	0	13,37	28,54	86,2	286,99
PV.PE.16	0	0	0	5,44	4,17
PV.PE.17	0	0	0	0	0
PV.PE.18	0	0	0	0	0
PV.PE.19	0	0	0	0	0
PV.PE.2	0	61,12	111,99	178,04	316,14
PV.PE.20	0	0	0	0	0
PV.PE.21	0	25,43	85,23	65,66	11,83
PV.PE.22	0	7,42	42,57	61,98	73,16
PV.PE.24	0	0	0	0	100,79
PV.PE.25	0	0	0	0	0
PV.PE.26	0	0	0	0	0
PV.PE.27	0	225,54	337,77	434,76	557,24
PV.PE.28	0	0	85,33	66,91	132,66
PV.PE.29	0	0	0	0	0
PV.PE.3	0	98,31	134,06	25,93	24,23
PV.PE.30	0	0	0	18,6	13,46
PV.PE.31	0	0	1,86	56,92	354,89
PV.PE.32	0	0	80,19	0	100,1
PV.PE.33	0	0	59,44	54,81	130,88
PV.PE.34	0	0	82,96	172,02	187,66
PV.PE.4	0	7,97	8,22	35,74	84,47
PV.PE.5	0	0	1,68	0	25,91
PV.PE.6	0	67,01	559,3	764,42	857,03
PV.PE.7	0	0	0	74,7	0
PV.PE.8	0	33,31	70,3	121,45	65,86
PV.PE.9	0	18,94	13,95	0	0

Fonte: Autoria Própria

Tabela B.3 – Vazão Máxima na Superfície para cada cenário no período de retorno igual a 10 anos

Nome	Máxima Vazão na Superfície (L/s)				
	Cenários				
	1	2	3	4	5
CURVA-PQ.EC	0	0	0	0	0
PV.PE.1	0	103,95	338,98	311,5	243,65
PV.PE.10	0	0	20,29	11,72	0
PV.PE.11	0	93,83	139,54	116,17	81,89
PV.PE.12	0	0	0	0	0
PV.PE.13	0	50,89	267,65	338,3	432,99
PV.PE.14	0	0	0	0	0
PV.PE.15	0	8,94	37,75	142,73	369,43
PV.PE.16	0	0	0	0	10,6
PV.PE.17	0	0	0	0	0
PV.PE.18	0	0	0	0	0
PV.PE.19	0	0	0	0	0
PV.PE.2	0	0	115,34	179,67	317,6
PV.PE.20	0	0	0	0	62,12
PV.PE.21	0	37,16	30,7	25,28	66,85
PV.PE.22	0	6,42	62,64	72,23	42,7
PV.PE.24	0	0	99,95	110,12	0
PV.PE.25	0	0	0	0	0
PV.PE.26	0	0	0	0	0
PV.PE.27	0	248,66	365,65	463,89	586,22
PV.PE.28	0	0	101,29	0	105,36
PV.PE.29	0	0	0	0	0
PV.PE.3	0	47,44	79,2	80,99	24,89
PV.PE.30	0	0	0	0	0
PV.PE.31	0	0	26,54	28,08	365,04
PV.PE.32	0	0	0	0	79,9
PV.PE.33	0	0	0	0	137,08
PV.PE.34	0	0	57,78	111,15	188,59
PV.PE.4	0	14,86	50,47	53,57	107,66
PV.PE.5	0	0	15,08	15,1	26,85
PV.PE.6	0	68,32	559,6	767,45	863,15
PV.PE.7	0	0	65,69	104,91	57,58
PV.PE.8	0	29,83	85,46	66,8	29,43
PV.PE.9	0	10,45	22,43	41,87	14,21

Fonte: Autoria Própria

Anexo A – Termo de Autorização

Av. Dr. Lauro Vieira Chaves, 1030 - Vila União
CEP: 60422-901 • Fortaleza / CE
CNPJ: 07.040.108/0001-57



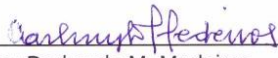
TERMO DE AUTORIZAÇÃO

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece, sociedade de economia mista inscrita no CNPJ sob o número 73.759.185/0001-96, com sede na av. Doutor Lauro Vieira Chaves, nº 1030 – Vila União, Fortaleza/CE, CEP 60.422-901, por meio da sua Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, representada pela gerente Cailiny Darley de Menezes Medeiros, vem, neste ato, considerando:

1. o Convênio de Receita para pesquisa voltada ao desenvolvimento de tecnologia entre a FUNCAP e a Cagece, publicado em DOE em 01/12/2020 (Extrato de Convênio 01/2020), que estabelece condições para que a Funcap selecione e apoie pesquisa científica e tecnológica cooperativa, a ser desenvolvida no Estado do Ceará, por pesquisadores vinculados a Instituições de Ensino Superior (IES) e/ou Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT) ou por empresas, públicas ou privadas, selecionados mediante Chamada de Proposta de Pesquisa, com aporte de recursos da Cagece e Funcap, no valor total de R\$ 4.000.000,00 (quatro milhões de reais), sendo R\$ 3.000.000,00 com recursos próprios da Cagece e o restante pela FUNCAP;
2. que a pesquisa MODELAGEM INTEGRADA DA REDE COLETORA DE ESGOTO E DA DRENAGEM URBANA DE FORTALEZA-CE, coordenada pelo Prof. Iran Eduardo Lima Neto foi selecionada mediante a Chamada de Proposta de Pesquisa;
3. as disposições acerca das confidencialidades previstas na cláusula 5ª (quinta) do referido Convênio;
4. a previsão de sigilo expressa no Termo de Concessão assinado pelo coordenador da referida pesquisa, a ser estendido a toda equipe envolvida no projeto de pesquisa;
5. que a realização do trabalho envolve equipe composta por professores e alunos de cursos de graduação e pós-graduação;
6. que o Trabalho de Conclusão do Curso – TCC com o tema MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DA DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DA BACIA DO RIACHO MACEIÓ NO MACROSSISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE FORTALEZA, CEARÁ do(a) aluno FRANCISCO ALAN SOUSA ANCHIETA, orientado pela Profa. Janine Brandão de Farias Mesquita, adotou informações cedidas pela Cagece;
7. que o coordenador informou não haver previsão de propriedade intelectual na referida pesquisa;
8. que o TCC foi analisado(a) pela equipe da Cagece e sua redação acatada;

Autorizamos a publicação do Trabalho de Conclusão de Curso referenciado no item 6 (seis) do presente Termo de Autorização, conforme preceitua a cláusula 5 (quinta) do Convênio de Receita firmado entre a Funcap e a Cagece.

Fortaleza, 06 de fevereiro de 2023


Cailiny Darley de M. Medeiros

Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - GEPED

