

## II-531 - MODELAGEM HIDRÁULICA DO INTERCEPTOR LESTE DA BACIA VERTENTE MARÍTIMA DE FORTALEZA

Laryssa Barbosa Fernandes <sup>(1)</sup>  
Silvano Porto Pereira <sup>(2)</sup>  
Andréia de Freitas Lima <sup>(3)</sup>  
Claudiane Quaresma Pinto Bezerra <sup>(4)</sup>  
Ronner Gondim <sup>(5)</sup>

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Rafael Tobias, 2099 - Fortaleza - Ceará - CE - CEP: 60830-105 - Brasil - Tel: (85) 99779-4444 - e-mail: [laryssa.bf@gmail.com](mailto:laryssa.bf@gmail.com)

### RESUMO

A simulação via modelos computacionais vem ganhando cada vez mais espaço no cotidiano de pesquisadores, pois, através dela é possível mimetizar processos ou operações do mundo real, sem interferir no seu funcionamento. Por meio de simulações pode-se analisar o comportamento, tirar conclusões ou, até mesmo, utilizar informações para prever comportamentos futuros de dado sistema. O interceptor leste, localizado na bacia da vertente marítima no município de Fortaleza – CE, foi escolhido como pioneiro para realizar simulações hidráulicas devido a sua grande importância para o macrossistema de coleta de esgotos sanitário. Este estudo tem como finalidade construir um modelo hidráulico da área em estudo em um software de sistema de informação geográfica (SIG), integrando com o software de simulação hidráulica *Storm Water Management Model* (SWMM), visando entender seu funcionamento e condições de interferências indevidas de águas pluviais e do aporte de areia que impliquem em riscos de extravasamento na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem Hidráulica, SWMM, Esgotamento Sanitário.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o geoprocessamento tem ganhado destaque entre as tecnologias da informação utilizadas em inúmeros setores, como em instituições de pesquisa, concessionárias de serviços públicos, analistas de mercado, dentre outros. Desta forma, surgem os sistemas de informação geográfica (SIG), sistemas constituídos por um conjunto de programas computacionais, o qual integram dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ,2008).

Devido ao vasto crescimento populacional, as empresas de saneamento vêm optado cada vez mais pela implantação de técnicas de geoprocessamento em suas análises, pois, necessitam de cuidados especiais ao fator geográfico de seus ativos. Os sistemas de informações geográficas podem simplificar o gerenciamento de dados e interliga-los, como por exemplo, auxiliar na identificação de possíveis pontos de furto de água, onde uma área com grande concentração populacional coincide com uma zona de pouco consumo de água. Ou seja, o SIG permite representar de maneira apropriada o conjunto de dados necessários à tomada de decisões em assuntos relacionados com a distribuição de água e coleta de esgoto.

Desta forma, a introdução do SIG nas empresas de saneamento, além de auxiliar na solução e gestão de questões que exigem análise espacial também pode contribuir para padronizar procedimentos. Ciente de todo esse contexto, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) vem trabalhando com o Quantum GIS (QGIS), um software livre de sistema de georreferenciamento que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Para uma análise mais crítica dos sistemas de distribuição de água e coleta de esgoto, vem sendo feita uma integração entre software SIG e softwares de simulação hidráulica. Tendo em vista que, resultados apresentados pelas simulações de um modelo fornecem auxílio para o desenvolvimento de métodos operacionais eficazes, ao invés de julgamentos empíricos e pessoais do operador (CARRIJO, 2004). Como por exemplo, a modelagem feita no sistema de drenagem e esgotamento sanitário em Dubai, no qual é utilizado

software MOUSE, pesquisadores obtiveram resultados satisfatórios e conseguiram estabelecer diretrizes para a expansão dos sistemas de esgoto e drenagem, baseados no crescimento populacional.

O software utilizado nesse trabalho foi o *Storm Water Management Model* conhecido como SWMM, uma plataforma de livre acesso, criada pela *Environmental Protection Agency* (EPA), amplamente utilizada ao redor do mundo para planejamento, análise e design de projetos relacionados ao escoamento de águas pluviais, esgotos combinados e esgotos sanitários. O software foi escolhido por ser um modelo dinâmico hidrológico-hidráulico de qualidade de água, capaz de rastrear a quantidade e qualidade do escoamento gerado dentro de cada sub bacia. O mesmo controla a taxa de fluxo, a profundidade e a qualidade do efluente em cada tubo e canal durante um período de simulação composta por várias etapas de tempo.

O principal objeto de estudo desse projeto é o interceptor leste, localizado na bacia da vertente marítima em Fortaleza - CE, onde faz parte da macro coleta de esgoto da região, sendo responsável por receber efluente de três estações elevatórias: Praia do Futuro II, Parque Ecológico e Pajeú, e encaminha-lo para a estação de Pré – Condicionamento de esgoto (EPC) para sua disposição final por meio de um emissário submarino.

A escolha deste interceptor para ser o pioneiro da região na modelagem hidráulica ocorre devido ao grande número de ocorrência de extravasamento nessa área, além do interceptor estar no período de final de plano e encontrar-se com sua vazão no limite da tubulação

Dessa forma, o objetivo desse estudo é analisar o comportamento hidráulico, utilizando o software SWMM, da rede já existente do interceptor, visando sua otimização e identificando pontos críticos de obstrução e extravasamento. Além de entender a relação da ocorrência desses eventos adversos tanto com a interferência de infiltração de chuva, como com a sedimentação de partículas sólidas, como areia, no sistema.

## 2. METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos definidos, a figura 2.1 ilustra as etapas da metodologia empregada na realização desse projeto.

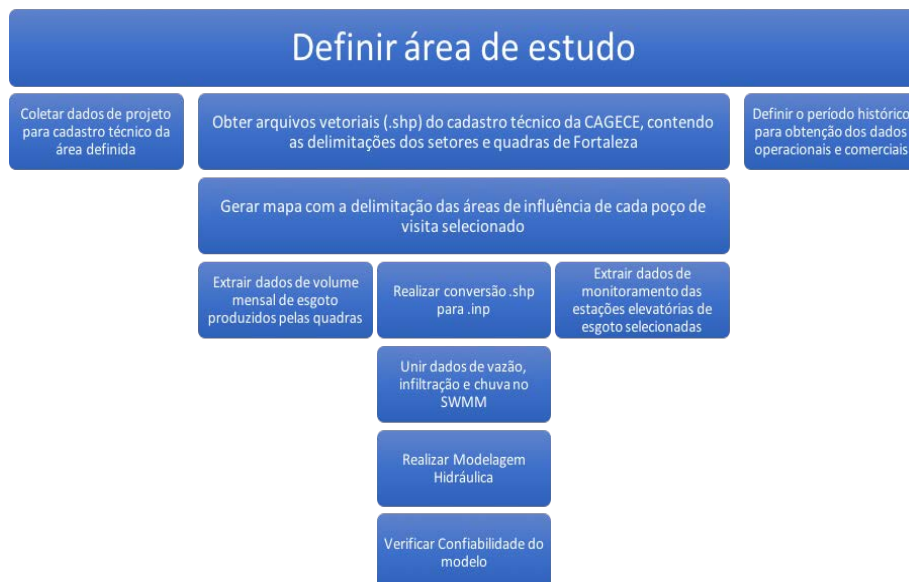


Figura 2.1 – Metodologia utilizada

## **2.1. MACRO COLETA DE ESGOTO DE FORTALEZA**

A região metropolitana de Fortaleza é dividida atualmente em três bacias de esgotamento sanitário: Sistema de disposição oceânica vertente marítima (EPC), Sistemas isolados (localizados espalhados pela bacia do Cocó) e Sistema integrado do distrito industrial de Maracanaú (SIDI).

O sistema de disposição oceânica, abordado nesse projeto, é formado por coletores troncos, responsáveis por encaminhar o esgoto produzido das residências para dois interceptores oceânicos. O interceptor oceânico leste, com aproximadamente 7,5 quilômetros de extensão, e tubulações que variam de 900 a 1.750 milímetros e o interceptor oceânico oeste, com aproximadamente 5 quilômetros de extensão, e tubulações que variam de 1000 a 1.750 milímetros. Após a passagem pelos interceptores, as águas residuais são, portanto, lançadas na estação de pré - condicionamento (EPC), que tem por finalidade remover o material sólido e o material flutuante no esgoto.

Completamente automatizada, a EPC tem capacidade de tratar 4,8 metros cúbicos por segundo e atualmente, trata em torno de 2,8 metros cúbicos por segundo de esgoto. A estação é constituída de um rastelo e de sete peneiras rotativas de grande porte, que separam os resíduos sólidos menores, as areias, os plásticos, metais, madeira, graxa e óleos derivados de petróleo. Após o tratamento preliminar, o esgoto é direcionado ao emissário submarino, o qual lança os despejos no mar, onde são diluídos e afastados do litoral de Fortaleza pelas correntes marítimas a cerca de 3.330 metros da costa e a uma profundidade de 16 metros. Os materiais insalubres – Poluentes e Areia – são transportados para o aterro sanitário de Caucaia.

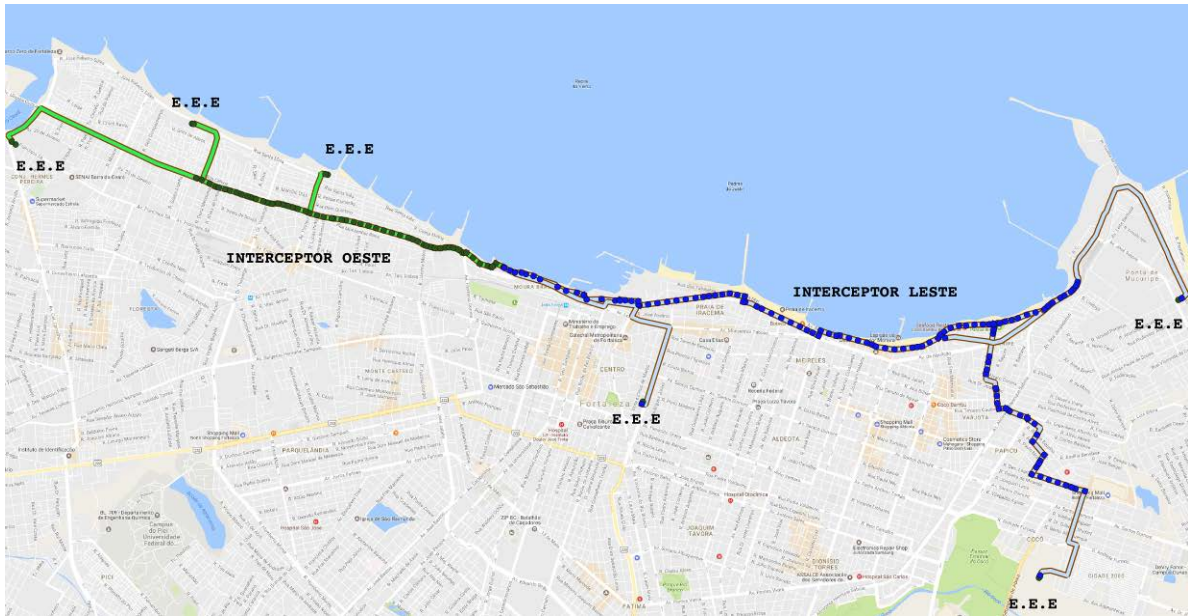
Além disso, acoplada à estação de pré - condicionamento, existe a Estação de Tratamento de Odores (ETO), para diminuir o mau cheiro próprio dos esgotos. Os gases passam por um processo de confinamento, após serem conduzidos em dutos e lavados com cloro gasoso, hidróxido de sódio e permanganato de potássio e, com os odores minimizados, são lançados na atmosfera.

## **2.2. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, DO PERÍODO HISTÓRICO E GEORREFERENCIAMENTO DO CADASTRO TÉCNICO**

O interceptor leste foi escolhido para ser pioneiro na simulação hidráulica devido ao grande número de residências atendidas, aproximadamente 246.147 habitantes, além de apresentar comportamento hidráulico duvidoso. Isto ocorre, pois, o cadastro técnico não vem sendo atualizado na mesma velocidade que a cidade vem se modificando. Dificultando a tomada de decisões em certas ocasiões, por exemplo, na escolha de pontos importantes para a limpeza rotineira do interceptor.

Por motivos em parte desconhecidos, a tubulação tem trabalhado em seção plena em horários, apesar de que mesmo em horários de pico de produção de esgoto, o interceptor deveria ter condições de atendimento com folga. Esse comportamento aliado com infiltrações adversas, como ligações indevidas de águas pluviais, ligações clandestinas, e aporte considerável de areia, tem como consequência no extravasamento em alguns pontos.

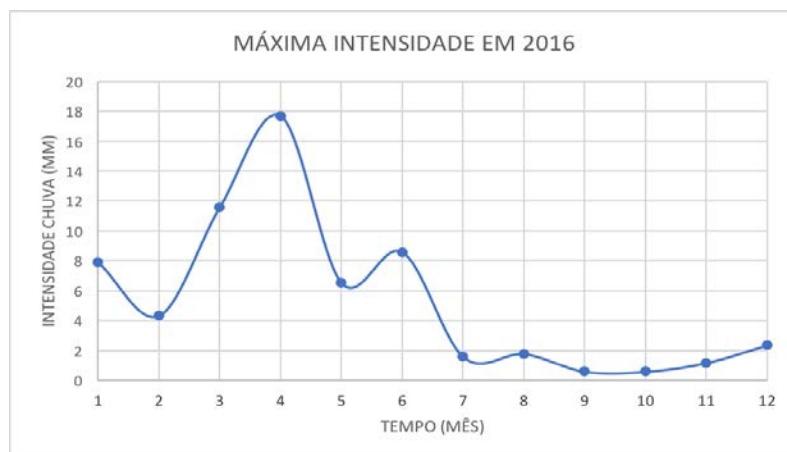
Na figura 2.2 é possível visualizar toda a macro coleta de Fortaleza, compreendida pelo interceptor leste, interceptor oeste e estações elevatórias de esgoto (E.E.E). A área de estudo desse trabalho refere-se ao conjunto em azul da figura abaixo.



**Figura 2.2 – Macro Coleta de Esgoto de Fortaleza**

A fim de escolher o período ideal para examiná-lo, foi avaliada os dados de chuvas disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) da estação meteorológica no bairro Vicente Pinzon, localizada nas proximidades da área em estudo.

Foi feita uma análise dos eventos chuvosos que apresentavam maiores picos entre janeiro e dezembro de 2016, mostrada na figura 2.3. Abril foi escolhido como período de estudo por ser o mês com a chuva mais intensa, de aproximadamente 18mm, consequentemente, o maior risco de ocorrência de extravasamento na região.



**Figura 2.3 – Intensidade máxima de chuva mês a mês em 2016**

Para elaborar o modelo hidráulico, a primeira etapa se caracterizou por obter dados técnicos cadastrais, pois os mesmos são responsáveis pela precisão e confiabilidade dos resultados gerados através do programa utilizado. A base cadastral técnica foi disponibilizada, na extensão CAD .dwg, pela área de faturamento e arrecadação da CAGECE e importada para o software QGIS pela área de Geoprocessamento IGEO. Toda a rede foi alimentada manualmente com informações de poços de visita e tubulações, como cotas e extensões.

### 2.3. ELABORAÇÃO DE MAPAS COM DELIMITAÇÕES DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DOMÉSTICA E CÁLCULO DE VAZÕES PRODUZIDAS

O esgoto destinado à EPC é formado basicamente de duas parcelas, a maior e mais importante no ponto de vista do esgotamento sanitário, contribuições domésticas e a inconveniente, mas sempre presente, parcela de águas de infiltrações.

A produção de esgoto esta diretamente ligada ao consumo de água, sendo classificado em águas cinzas quando oriundas de atividades de limpeza e águas negras quando contém material fecal. Uma boa parcela de águas cinzas é encaminhada para a drenagem urbana, como por exemplo, água proveniente da lavagem de calçadas, automóveis, dentre outras atividades. Como consequência desse “desvio” de água consumida, a associação brasileira de normas técnicas (ABNT) institui o coeficiente de retorno, relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida, de 0,8, ou seja, 80% da água consumida volta para rede em forma de esgoto.

Com a finalidade de visualizar as áreas responsáveis por encaminhar o esgoto produzido nas sub-bacias que contribuem diretamente e de forma gravitória para determinados trechos do interceptor leste, foram feitas análises do encaminhamento da rede coletora. O resultado é mostrado na figura 2.4, onde cada cor corresponde à uma bacia de esgotamento, ou seja, área que contribui com o fluxo dos esgotos por gravidade para um mesmo ponto do interceptor. Os pontos de chegada do efluente são apontados por setas vermelhas.

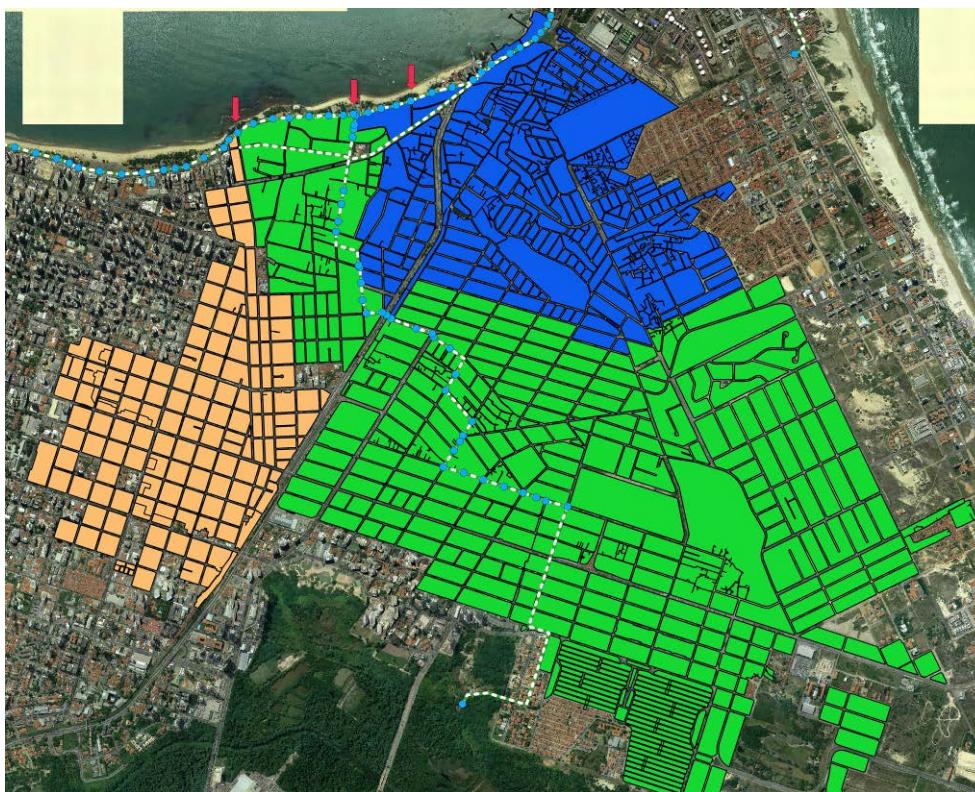


Figura 2.4 – Contribuição doméstica ao longo da rede coletora

A CAGECE, companhia responsável pela operação do serviço de esgotamento sanitário, devido à inexistência de medição de vazão do efluente produzido por cada residência, utiliza o coeficiente de retorno (0,8) multiplicado pelo volume de água consumida, para estimar o volume de esgoto produzido. Para cada quadra, obteve-se juntamente ao sistema de informações comerciais (SIC) os dados históricos de produção de esgoto, que foram somados para estimar a vazão fornecida a cada poço de visita selecionado.

## 2.4. LEVANTAMENTO DE DADOS DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

As estações elevatórias responsáveis por bombear esgoto para o interceptor leste são três: Pajeú, Parque Ecológico e Praia do Futuro II (PF2). Devido à ausência de medição de vazão nessas estações, foi feito um cálculo baseado na vazão estimada média de cada elevatória multiplicado pelo fator de distribuição média de esgoto que chega à EPC.

Foi considerado que, tudo que é lançado das elevatórias chega à EPC, ou seja, a distribuição de chegada é igual a distribuição de lançamento. A tabela 1 esquematiza as vazões estimadas e a figura 2.5 ilustra a curva gerada a partir de dados de chegada de esgoto na EPC.

**Tabela 1: Vazão Estimada das Elevatórias**

E.E.E	VAZÃO MÉDIA ESTIMADA (L/s)
PF 2	119.43
PARQUE ECOLÓGICO	174.82
PAJEÚ	400.32



**Figura 2.5 – Distribuição Média de chegada de esgoto na EPC**

## 2.5. CONVERSÃO DE ARQUIVOS VETORIAIS PARA .INP E UNIÃO DE DADOS DE VAZÃO, INFILTRAÇÃO E CHUVA NO SWMM

Toda a base cadastrada no software QGIS foi importada para o SWMM através de um arquivo .txt construído pelo excel para interação das duas bases. Cada atributo no QGIS (informações que são inseridas em cada feição, como por exemplo diâmetro, coeficiente Hazen-Williams, nó inicial, nó final) corresponde a um campo de entrada no SWMM.

As vazões das elevatórias e vazões doméstica foram determinadas como “vazões de tempo seco”, ou seja, vazões contínuas que representam as contribuições de águas residuais ao sistema de esgotamento sanitário. São representadas por valores médios que podem ser ajustados periodicamente em base mensal, diária ou horária, pela aplicação de um multiplicador padrão. Nesse trabalho utilizou-se o multiplicador padrão horário, baseado nos dados da figura 2.5.

Em áreas muito impermeáveis, como grandes centros urbanos, aproximadamente 50% da água de chuva é descarregada no sistema de esgoto e transportada para as estações de tratamento (PETERS, 2012). O autor ainda comenta que dentro de condições mais desfavoráveis, essa parcela de chuva pode ser ainda maior.

Segundo relatos de colaboradores da CAGECE, o volume de água de chuva que adentra o sistema de esgotamento sanitário em Fortaleza é muito alto, existindo vias onde, devido a obstrução do sistema de drenagem com resíduo sólido, a única zona de escoamento das águas pluviais são os poços de visitas da rede coletora de esgoto. Então, em alguns cenários nesse modelo, foi considerado infiltração de 50% de águas proveniente da chuva direcionada para o sistema sanitário.

No SWMM os pluviômetros fornecem os dados de entrada das precipitações que ocorrem sobre uma ou mais áreas das sub bacias definidas na região de estudo. Os dados de chuva foram extraídos do CEMADEM e inseridos como séries temporais de intensidade, em intervalos de 10 minutos.

Para simular os trechos com funcionamento gravitatório, o SWMM utiliza o método completo de simulação, chamado modelo da Onda Dinâmica (Szymkiewicz, 2000; Zoppou, 2001). Este tem por finalidade definir a relação entre a vazão que escoar pelo conduto (Q), a área da seção transversal (A), o raio hidráulico (Rh) e a declividade (S). Esta relação pode ser representada pela equação de Manning, em unidades do Sistema Internacional é expressa como:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \quad (1)$$

Onde “n” é o coeficiente de rugosidade de Manning, adotado nesse projeto como 0.015, devido a especificações da NBR 9649/86 – ABNT para tubulações antigas.

Para simular o bombeamento das estações elevatórias foram considerados condutos de seção transversal circular, funcionando em carga, ou seja, sob pressão, e sua vazão foi calculada pela equação de Hazen-Williams, dada por:

$$Q = 0,5493 C R_h^{0,63} S^{0,54} \quad (2)$$

Onde C é o coeficiente de Hazen-Williams que varia inversamente com a rugosidade, um parâmetro da seção transversal a ser fornecido ao modelo, dependendo do material do conduto.

## 2.6. CENÁRIOS DE MODELAGEM

A fim de avaliar o comportamento hidráulico do interceptor em diferentes situações, foram gerados 4 cenários.

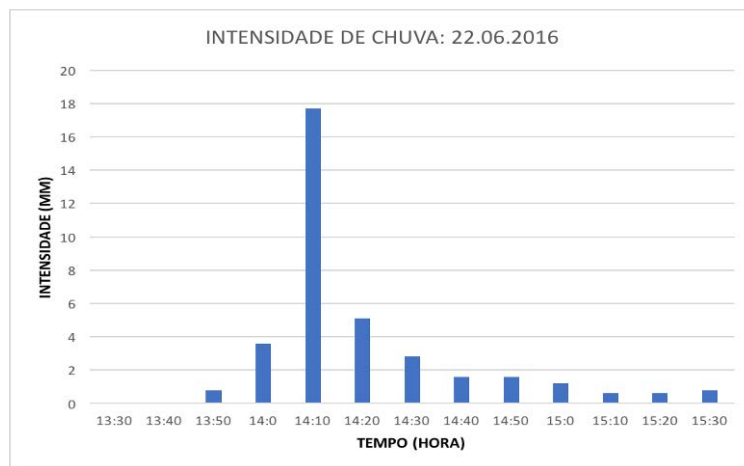
- Interceptor trabalhando na situação ideal, sem infiltração de chuva e deposição de sedimento na tubulação (cenário 1).
- Interceptor trabalhando sem infiltração de chuva, mas com deposição de sedimento na tubulação (cenário 2).
- Interceptor trabalhando com infiltração de chuva, mas sem deposição de sedimento na tubulação (cenário 3).
- Interceptor trabalhando com infiltração de chuva e deposição de sedimento na tubulação (cenário 4).

O cenário 2 é gerado baseado nos dados da última batimetria feita pela CAGECE, datada de 2014. Nesse procedimento os operadores mediram a profundidade total e a altura de areia em cada poço de visita. Devido a dificuldade em medir a altura de sedimento (areia e partes sólidas) dentro da tubulação, foi utilizado o valor médio da camada de areia do poço de visita tanto a montante como a jusante, e distribuído linearmente ao longo dos condutos. A figura 2.6 demonstra uma parte dos resultados da batimetria feita pela companhia.

Levantamento do Assoreamento do Interceptor Leste					
PV's	Profundidade (m)	Dist. Entre PV's (m)	Raio do Interceptor(m)	Camada de Areia no PV (m)	Camada média de areia na tubulação (m)
PV 01	2.560	46.600	0.450	0.000	0.370
PV 02	2.670	56.000	0.450	0.740	0.610
PV 03	2.620	82.000	0.450	0.480	0.435
PV 04	2.460	100.000	0.450	0.390	0.410
PV 05	2.520	100.000	0.450	0.430	0.390
PV 06	2.690	70.000	0.450	0.350	0.360
PV 07	2.980	100.000	0.450	0.370	0.465
PV 08	3.340	68.000	0.450	0.560	0.635
PV 09	2.720	42.000	0.450	0.710	0.525
PV 10	2.830	80.000	0.450	0.340	0.325
PV 11	2.750	80.000	0.450	0.310	0.260
PV 12	3.210	80.000	0.450	0.210	0.335
PV 13	3.000	100.000	0.450	0.460	0.465
PV 14	2.820	88.000	0.450	0.470	0.515
PV 15	3.050	27.600	0.450	0.560	0.480
PV 16	3.050	34.000	0.450	0.400	0.400
PV 17	3.460	63.000	0.450	0.400	0.575
PV 18	3.860	88.000	0.750	0.750	0.475
PV 19	5.030	115.000	0.750	0.200	0.150
PV 20	6.050	115.000	0.750	0.100	0.100
PV 21	5.790	75.000	0.750	0.100	0.385
PV 22	5.370	100.000	0.750	0.670	0.705
PV 23	5.430	100.000	0.750	0.740	0.600

**Figura 2.6 – Resultado da Batimetria Realizada PV 01 – PV 23.**

Como abordado anteriormente, o mês de abril foi escolhido como intervalo de tempo para simulação por apresentar a chuva com maior intensidade, sendo assim, os cenários 3 e 4 foram submetidos às mesmas condições. A figura abaixo ilustra o evento chuvoso que se inicia as 13 horas e 50 minutos e se prolonga até as 15 horas e 30 minutos do dia 22.

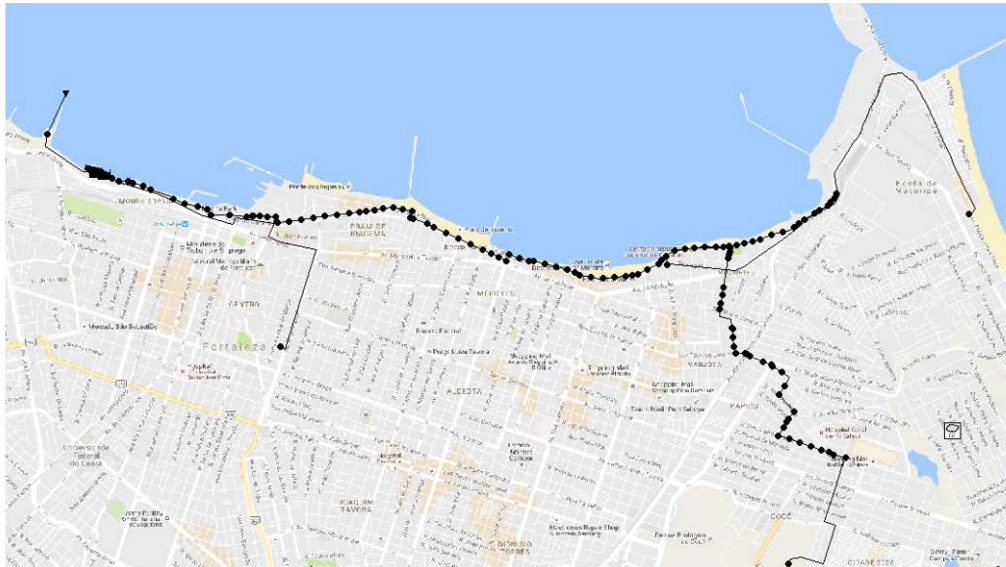


**Figura 2.7 – Evento chuvoso no dia 22/06/2016**



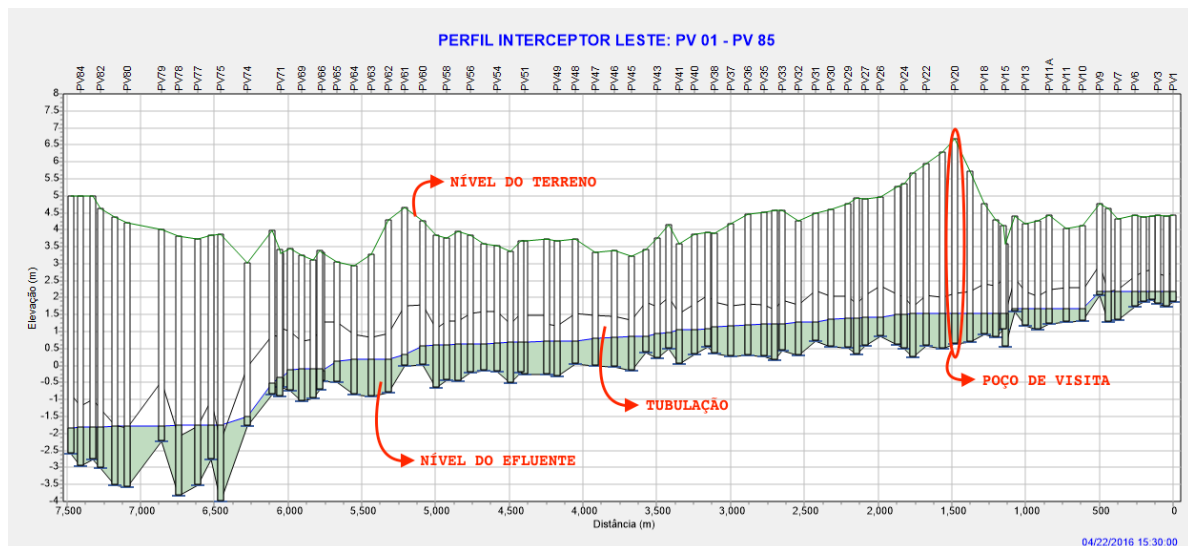
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3.1 apresenta o modelo construído no software SWMM.



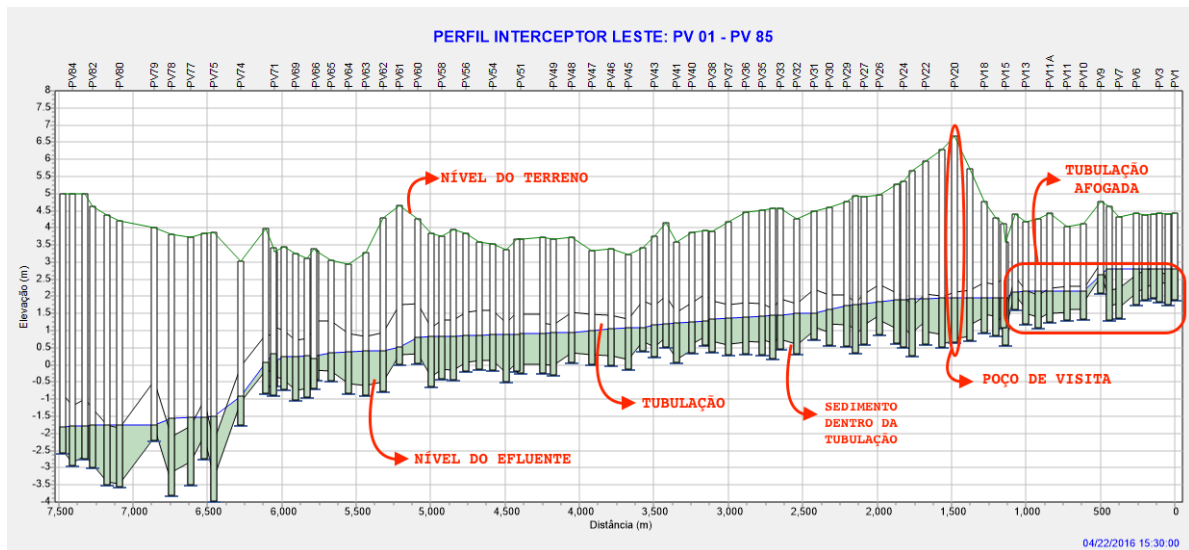
**Figura 3.1 – Modelo construído no SWMM**

No cenário 1, o comportamento hidráulico do interceptor mostrou-se em bom funcionamento, sem afogamento da tubulação ao longo do período escolhido. A figura 3.2 mostra o perfil do interceptor nessa situação.



**Figura 3.2 – Perfil Hidráulico Cenário 1**

O resultado da simulação do cenário 2 é ilustrado abaixo. Pode-se observar que, com o assoreamento, o interceptor começa a trabalhar afogado, pois os depósitos de sedimentos funcionam como barreiras para o fluxo gravitatório do efluente, podendo assim, agravar o problema de extravasamento na rede.

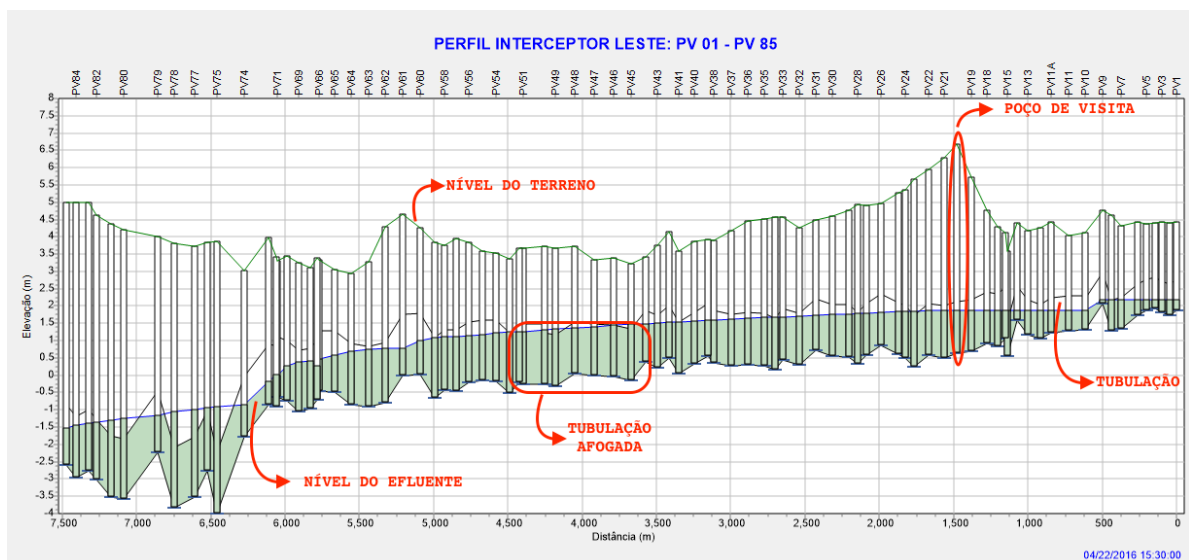


**Figura 3.3 – Perfil Hidráulico Cenário 2**

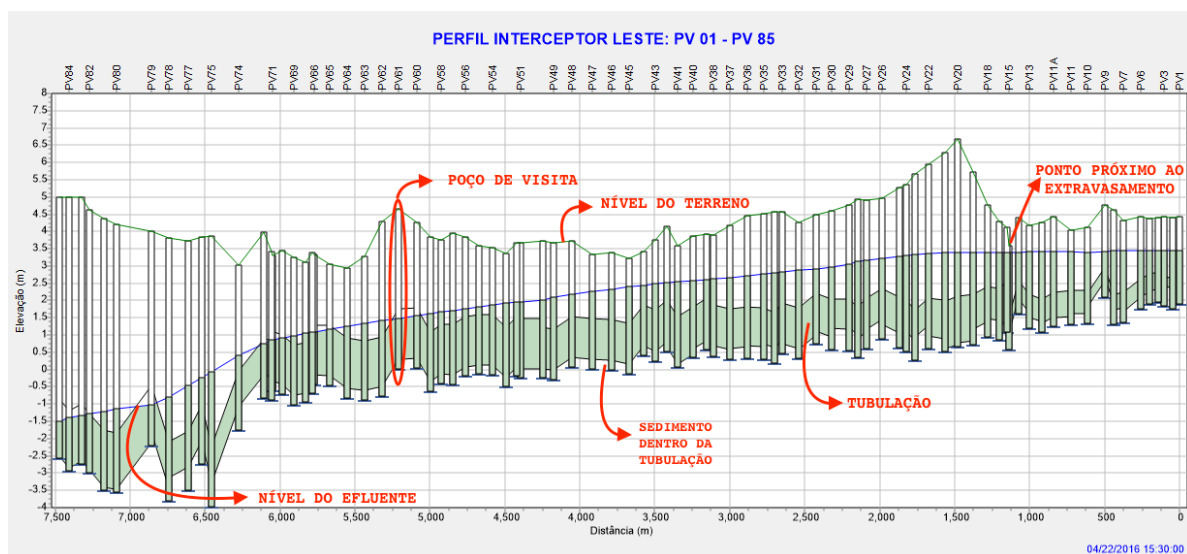
Os cenários 3 e 4 trabalham com a entrada de chuva em todos os poços de visita ao longo do interceptor, para isso, o SWMM utiliza o modelo do hidrograma unitário, definido como um hidrograma de escoamento superficial direto, onde a área sob a curva gerada corresponde a um volume unitário de escoamento superficial, resultante de uma chuva efetiva.

Para geração desse hidrograma, a EPA criou um software chamado *Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning* (SSOAP), que utiliza dados de vazão em tempo seco e em tempo de chuva e calcula a porcentagem de chuva que adentra o sistema de esgotamento sanitário. Devido a ausência de dados de medição de vazão, essa ferramenta não foi utilizada, sendo criado um hidrograma unitário hipotético, considerando que 50% da chuva que escoar é direcionada à rede de esgoto.

Os resultados das situações 3 e 4 são demonstradas abaixo, os quais resultam das intensidades apresentadas. Podendo notoriamente observar a interferência da chuva na dinâmica do interceptor.



**Figura 3.4 – Perfil Hidráulico Cenário 3**



**Figura 3.5 – Perfil Hidráulico Cenário 4**

#### 4. CONCLUSÕES

Com base no trabalho, conclui-se que a construção de um modelo hidráulico é de suma importância para análise e tomada de decisões.

Apesar do SWMM ser um software simples, com uma interface bastante interativa, a criação do modelo demanda bastante tempo e um caráter crítico do desenvolvedor para julgar as informações de cadastro, que, nem sempre, parecem coerentes com a realidade.

Foi constatado também que devido à ausência ou incoerência de alguns dados, bem como profundidade exata dos poços de visita, vazão correta das elevatórias, diferença de vazão em tempo seco e tempo chuvoso, o modelo não está satisfatoriamente representando a realidade.

Com base nas vazões fornecidas ao sistema e o perfil da tubulação ilustrado na figura 3.5, no qual foi considerado uma contribuição de 50% de chuva de alta intensidade e sedimentação na tubulação, pode-se concluir que os dados de infiltração de chuva e deposição de sedimento devem ser calibrados, pois, segundo relatos de colaboradores da CAGECE, mesmo eventos chuvosos de pequena intensidade e curta duração vem provocando extravasamento em alguns poços de visita, situação que não ocorre na simulação.

Mas, mesmo com os dados não calibrados, é possível concluir que o interceptor, atualmente, funciona com alto índice de assoreamento e recebe elevada taxa de infiltração de chuva, pois pode-se observar, na figura 3.2, que em um cenário ideal, livre de sedimentos e sem infiltração, o sistema necessita de uma grande contribuição para provocar alagamento nos nós.

No geral, a fim de melhorar o sistema, algumas sugestões são destacadas para futuros trabalhos:

- Realizar levantamento topográfico em toda extensão do interceptor leste, a fim de atualizar o cadastro técnico da região, fornecendo todas as informações referentes aos poços de visitas e tubulações.
- Realizar medição das vazões de lançamento das estações elevatórias na rede coletora.
- Realizar medição de vazão em alguns pontos em tempo chuvoso e em tempo seco, a fim calcular a fração de chuva que adentra o sistema de esgotamento sanitário.
- Acrescentar os demais coletores troncos que são ligados ao interceptor e suas respectivas contribuições domésticas.
- Calibrar e validar o modelo para operação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCO, J.; WONGM K.M. (2008). Automatic calibration os the US EPA SWMM model for a large urban catchment. *Journal of Hydraulics Engineering*, Vo. 134, No. 4.
2. ROSSMAN, L.A. (2009). *Storm Water Management Model, Version 5.0: User's Manual*. U.s. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
3. VINAGRE et al. (2013). *Simulação Hidráulica de Rede de Macrodrenagem na orla Fluvial de Belém do Pará com o Uso do Programa SWMM. Urbanização e meio ambiente*. Maisa Sales Gama Tobias e Alberto Carlos de Melo Lima (Orgs.). – Belém: Unama., v.2.
4. BEATA K.; DARIUSZ K.; GRZEGORZ Ł.; MARCIN K. (2013). *Modelling of Hydraulics and Pollutants Transport in Sewer Systems*. Lublin University of Technology 2013.
5. ABDUL-TALIB S., UJANG Z., VOLLESTSEN J., HVITVED-JACOBSEM T. (2003). *Sewer networks as bio-reactors – extending the transport function of sewers*. Conference on Water and Drainage, Kuala Lumpur, Malaysia, 2003.
6. RÁVILA M.; DIOGO C.; KLEBBER T.; (2012). *Estudo comparativo entre os modelos SWMM e HEC-HMS para simulação de escoamento superficial – caso de estudo bacia do córrego samambaia*. REEC – Revista eletrônica de engenharia civil. Vo. 5, No. 2.
7. CHAPRA, S. C. *Surface Water-Quality Modeling*, McGraw-Hill, 1997.  
DOMINIQUE B.; ELDO G.; LAITH S.; B.S. PRAQUEED.; *Modeling the Dubai sewerage and drainage system*. Khatib and Alami and Metclaf & Eddy