



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ – CAMTUC
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

MAYCON DE SOUZA BATISTA

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA MELHORIAS DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA (PA) POR
MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Tucuruí – PA
2022

MAYCON DE SOUZA BATISTA

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA MELHORIAS DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA (PA) POR
MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal do Pará como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Sanitarista e Ambiental, pela
Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes

Coorientador: Eng. Eduardo Ueslei de Souza
Siqueira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B333a BATISTA, Maycon de Souza.
Análise de cenários para melhorias do sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba (Pa) por meio de simulação computacional / Maycon de Souza BATISTA. — 2022.
112 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes
Coorientador(a): Prof. Eduardo Ueslei de Souza Siqueira
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2022.
1. Abastecimento de água. 2. EPANET. 3. Modelagem computacional. 4. Pressão. I. Título.

CDD 016.614772

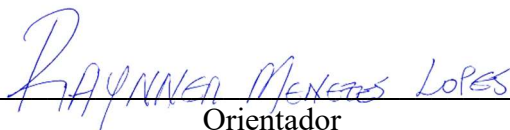
MAYCON DE SOUZA BATISTA

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA MELHORIAS DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA (PA) POR
MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal do Pará como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Sanitarista e Ambiental, pela
Universidade Federal do Pará.

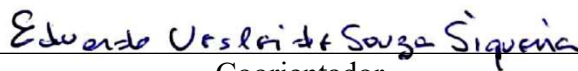
Data de Aprovação: 10/02/2022

Banca Examinadora



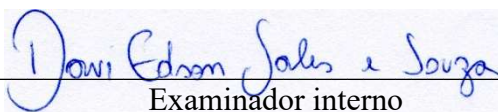
Orientador

Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes (FAESA/CAMTUC)
Universidade Federal do Pará



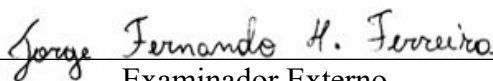
Coorientador

Eng. Eduardo Ueslei de Souza Siqueira
Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA)



Examinador interno

Prof. Me. Davi Edson Sales e Souza (FAESA/CAMTUC)
Universidade Federal do Pará (UFPA)



Examinador Externo

Me. Jorge Fernando Hungria Ferreira (LENHS/UFPA)
Universidade Federal do Pará

Tucuruí - PA

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por sempre guiar meus passos nas minhas escolhas de vida, e por ter me sustentado até aqui para vivenciar um momento tão importante da minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Ronivaldo Batista e Rosilene Batista por todo amor e cuidado durante toda minha formação como ser humano.

Aos meus avós Anselmo Correa e Antonina de Souza por terem dedicado suas vidas ao meu crescimento, por ser quem sou.

À minha noiva Hillary Coimbra por todo companheirismo e incentivo.

Ao meu orientador, professor Dr. Raynner Menezes Lopes, pela orientação, dedicação e paciência durante todo período acadêmico.

Ao meu coorientador, Eduardo Siqueira, por todo conhecimento compartilhado.

Ao meu colega Lucas Franco e ao meu amigo Márcio Magalhães pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À todos os professores da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental que contribuíram com a minha formação acadêmica, e a todos os funcionários do CAMTUC em especial a Daniela Andrade e Wiviam Goés por todo apoio durante a graduação.

À Companhia de Saneamento do Estado do Pará pelos dados utilizados e todo apoio durante a pesquisa.

A todas pessoas que de maneira direta ou indireta colaboraram para esse momento acontecer, muito obrigado.

RESUMO

ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA MELHORIAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA (PA) POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nesse estudo foi analisado três cenários propostos da rede de distribuição do município de Abaetetuba-PA, utilizando a simulação como ferramenta, após sua hipotética expansão. O trabalho foi dividido em três etapas, a primeira estende-se a obtenção de dados acerca das características da área de estudo, posteriormente o segundo passo que é caracterizado pela modelagem computacional, que seria a inserção dos dados obtidos no programa, e por fim utilizando o *software* EPANET 2.0, foi efetuada simulação dinâmica de 24 horas nos três cenários identificando as regiões de pressão da rede consideradas críticas abaixo da norma NBR 12218/2017 que regulariza e estabelece os limites mínimos e máximos de pressão. Esse método possibilitou que fossem elencadas intervenções que poderiam gerar melhoras na operação da rede de abastecimento de água, bem como, auxiliar na tomada de decisão da concessionária responsável pelo sistema. O primeiro cenário mostrou a rede expandida sem nenhuma intervenção, após análise constatou-se que a rede atendia apenas 23,43% das áreas com pressão dentro da norma nos horários de maior consumo. No cenário 2, foram implementados reservatórios elevados, demonstrando eficiência de 91,45% após análise das pressões. Por fim, no cenário 3, foram inseridas estações pressurizadoras para normalizar as pressões que estavam em desacordo com a norma, após a inserção dos equipamentos 83,79 % das pressões apresentaram melhora. Dessa forma, o cenário 2 ofereceu melhor opção técnica, pois apresentou melhora de 91,45 % nas pressões da rede de distribuição.

Palavras-chave: Abastecimento de água; EPANET; Modelagem computacional, Pressão.

ABSTRACT

ANALYSIS OF CONCEPTIONS FOR THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE MUNICIPALITY OF ABAETETUBA - PA BY MEANS OF COMPUTATIONAL SIMULATION

In this study three proposed scenarios of the distribution network of the municipality of Abaetetuba-PA were analyzed, using simulation as a tool, after its hypothetical expansion. The work was divided into three steps, the first extends to obtaining data about the characteristics of the study area, then the second step which is characterized by computer modeling, which would be the insertion of the data obtained in the program, and finally using the EPANET 2.0 software, 24-hour dynamic simulation was performed in the three scenarios identifying the network pressure regions considered critical below the standard NBR 12218/2017 that regulates and establishes the minimum and maximum pressure limits. This method enabled interventions to be listed that could generate improvements in the operation of the water supply network, as well as assist in the decision making of the utility responsible for the system. The first scenario showed the expanded network without any intervention, after analysis it was found that the network served only 23,43% of the areas with pressure within the norm at peak consumption times. In scenario 2, elevated reservoirs were implemented, demonstrating efficiency of 91,45% after analyzing the pressures. Finally, in scenario 3, pressurizing stations were inserted to normalize the pressures that were in disagreement with the norm. After the insertion of the equipment, 83,79% of the pressures presented improvement. Thus, scenario 2 offered the best technical option, since it showed an improvement of 91,45% in the pressures of the distribution network.

Keywords: Water supply; EPANET; Computational Modeling, Pressure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema de abastecimento de água.....	17
Figura 2 - Vazões Afluentes e Efluentes no Nó P.	21
Figura 3 - Convenções para o cálculo das perdas de carga.	22
Figura 4- Localização da área de estudo.	29
Figura 5 – Etapas do estudo.....	31
Figura 6 – Curvas de nível obtidas juntamente com a concessionária de abastecimento.	32
Figura 7 - Gráfico de correlação com a Equação e o R^2	33
Figura 8 - Rede de distribuição existente (a) e rede expandida (b).....	34
Figura 9 – Sequência de ações realizadas para a simulação hidráulica do sistema de distribuição.	35
Figura 10 – Conversão da malha da rede em formato CAD (a) para ambiente do EPANET (b).	35
Figura 11 – Menu de opções do EPANET 2.0.	36
Figura 12 – Exemplo de como a inserção das informações do sistema no EPANET 2.0 foi realizada.	37
Figura 13 - Traçado completo da rede.....	38
Figura 14 – Editor de opções de tempo do EPANET.....	38
Figura 15 - Curva adimensional (neutra) do setor Guanabara, Ananindeua - PA.....	39
Figura 16 – Criação do padrão de variação do consumo base.....	39
Figura 17 – Mapa de divisão de setores.	42
Figura 18 - Esquema do sistema de abastecimento de água de Abaetetuba.....	43
Figura 19 - Imagens da captação por poços	44
Figura 20 - Localização dos poços e torre de carga	45
Figura 21 - Torre de carga	47
Figura 22 - Filtros de fluxo ascendente	48
Figura 23 - Reservatório de cloro gasoso	48
Figura 24 - Aerador tipo tabuleiro.....	49
Figura 25 - Conjunto motor bomba do 1º setor e do 2º setor.....	50
Figura 26 - Reservatório Apoiado e tanque de contato.	51
Figura 27 - Reservatório Elevado ETA	51
Figura 28 - Reservatório Elevado Cristo Redentor	52
Figura 30 - Gráfico de isolinhas da área de estudo.....	53
Figura 31 - Consumos na rede de distribuição.	54
Figura 32 - variação da pressão ao longo de 24 horas nos nós n240 e n490.....	55
Figura 33 - Gráfico de Isolinhas às 00:00 horas.....	55
Figura 34 - Gráfico de isolinhas de 24 horas de simulação dinâmica.	56
Figura 35 - Rede inserida no EPANET 2.0 evidenciando os reservatórios existentes...	61
Figura 36 - Rede após a inserção dos quatro novos reservatórios.....	62
Figura 37 - Análise temporal das pressões após inserção dos reservatórios	63
Figura 38 - Boosters na rede de distribuição	64
Figura 39 - Gráfico de isolinhas com resultados dos boosters sem inversor de frequência	65
Figura 40 - Padrão de variação de rotação da bomba.....	67
Figura 41 - Gráfico de isolinhas apresentando resultados com inversor de frequência.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações dos poços	45
Tabela 2 - Informações das adutoras de água bruta.....	46
Tabela 3 - Dados dos censos populacionais de Abaetetuba.	58
Tabela 4 - Características dos trechos e nós	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos matemáticos utilizados em projeção populacional.....	25
Quadro 2 - Vazões de dimensionamento.....	25
Quadro 3 - Método de projeção populacional.	58
Quadro 4 - Caracterização dos reservatórios.....	60
Quadro 5 – Potência das bombas.....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	Gerais	15
2.2	Específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Sistema de abastecimento de água (saa)	16
3.2	Sistemas de bombeamento	19
3.2.1	Estação pressurizadora ou <i>booster</i>	19
3.3	Normas aplicáveis	19
3.4	Métodos de dimensionamento de redes de distribuição de água	20
3.4.1	Método do dimensionamento de redes ramificadas (seccionamento fictício);...	20
3.4.2	Método de Hardy Cross	21
3.4.3	Método PNL 2000	23
3.4.4	Método Pimentel Gomes	24
3.5	Previsão de aumento populacional e estimativa de vazão de dimensionamento	24
3.6	Simulação computacional de redes de distribuição de água	26
3.6.1	WaterCAD	26
3.6.2	Epanet 2.0	27
4	METODOLOGIA	29
4.1	Desenvolvimento do estudo	31
4.1.1	Etapa 1 – Levantamento de informações sobre SAA do município de Abaetetuba, junto à concessionária de saneamento e a prefeitura	31
4.1.2	Etapa 2 - Simulação hidráulica do sistema de distribuição de água, utilizando o Simulador EPANET, versão 2.0 Brasil	34
4.1.3	ETAPA 3 - Proposição de cenários e análise das condições técnicas para a melhoria no sistema de distribuição	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	Sistema de abastecimento de água de Abaetetuba	42
5.1.1	Mananciais e captação	43
5.1.2	Adutoras de água Bruta (AAB)	46
5.1.3	Torre de carga	46
5.1.4	Adutora de água tratada – AAT	47
5.1.5	Tratamento	47
5.1.6	Reservatórios e Tanque de Contato	50
5.2	Cenário 1 – Cotas topográficas	52
5.3	Cenário 1 - Consumos	53
5.4	Cenário 1 - Pressão	54

5.5	Cenário 2 - Implantação de reservatórios elevados e análise das pressões.....	57
5.6	Cenário 3 - Implantação de estações pressurizadoras e análise das pressões.....	64
5.6.1	Inversor de frequência.....	66
6	CONCLUSÃO	68
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	APÊNDICE A	75
	ANEXO I – Ofício com características do sistema.....	112

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AAB	Adutora de Água Bruta
AAT	Adutora de Água Tratada
CMB	Conjunto Motor Bomba
DN	Diâmetro Nominal
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
MS	Ministério da Saúde
NÓS	Ponto de Encontro de trechos
OMS	Organização Mundial da Saúde
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
Q	Vazão
RA	Reservatório Apoiado
RE	Reservatório Elevado
RNF	Reservatório de Nível Fixo
RNV	Reservatório de Nível Variado
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SEMOB	Secretaria de Obras E Viação
SNIS	Sistema Nacional de informações sobre Saneamento
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
TC	Torre de Carga
V	Velocidade

1 INTRODUÇÃO

Com os recursos naturais cada vez mais escassos e o contingente populacional crescente, tornam os custos de tratamento de água mais elevados, por isso é imprescindível que haja um bom gerenciamento dos recursos hídricos. (CUNHA e PINTO, 2014). Nesse sentido, os sistemas de abastecimentos devem ser ajustados ao processo urbano de acordo com a demanda populacional, e que sejam expandidos com objetivo de atender a cenários futuros.

Segundo Pereira *et al.* (2010), deve-se adotar todos critérios técnicos para realizar ampliações em redes de distribuição, visando qualidade nos sistemas de abastecimento de água, dessa forma é indispensável que além da ampliação, haja planejamento e modernização dos serviços, garantindo eficiência operacional, por conseguinte, também é necessário que o atendimento e fornecimento de água sejam feitos de forma eficiente, para melhorar o desenvolvimento urbano das cidades e trazer melhoria de vida na saúde pública.

Dessa maneira, é necessário a modernização do setor hidráulico mostrando-se fundamental a utilização de ferramentas computacionais aprimoradas visando a melhor gestão dos recursos hídricos e para isso o gerenciamento correto se dá através de dados e informações por modelos digitais (SILVA, 2014).

De acordo com Gomes (2010), no controle operacional de um sistema de abastecimento de água é ideal que sejam feitas simulações hidráulicas para acompanhar de forma contínua seus principais parâmetros sejam eles hidráulicos, elétricos ou comerciais, utilizar esses meios computacionais como estratégias oferece maior confiabilidade aos projetos desenvolvidos e operados, e seu aprimoramento visa previsões do seu diagnóstico cada vez mais realista na rede de abastecimento. Desse modo, simular redes de abastecimentos tem como principal objetivo analisar as condições hidráulicas e ajudar nas tomadas de decisões. Uma ferramenta essencial que pode ser utilizada para análise de redes hidráulicas é o EPANET; esse programa permite que seja feita a modelagem, análise das variáveis e cenários das redes de abastecimento.

Dessa forma, o sistema de abastecimento do município de Abaetetuba necessita ser expandido e é fundamental que os critérios estabelecidos pelas normas sejam seguidos

para que a população seja atendida com qualidade adequada, desta maneira simular o sistema expandido trará grandes benefícios para a comunidade. Neste trabalho serão realizadas simulações de cenários da rede de distribuição expandida e analisadas alguns das principais variáveis hidráulicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

Simular três cenários visando melhorias para o sistema de abastecimento de água, utilizando o *Software* EPANET 2.0.

2.2 Específicos

- Realizar levantamento de informações do SAA junto a concessionária de abastecimento para caracterização do sistema;
- Elaborar um modelo hidráulico no EPANET 2.0 para simulação da rede de abastecimento de Abaetetuba;
- Realizar simulação computacional da rede distribuição de água e analisar os resultados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico, serão apresentados conceitos relacionados aos sistemas de abastecimento de água, métodos de dimensionamento de rede de distribuição de água e ferramentas computacionais de modelagem e simulação de redes de distribuição de água.

3.1 Sistema de abastecimento de água (saa)

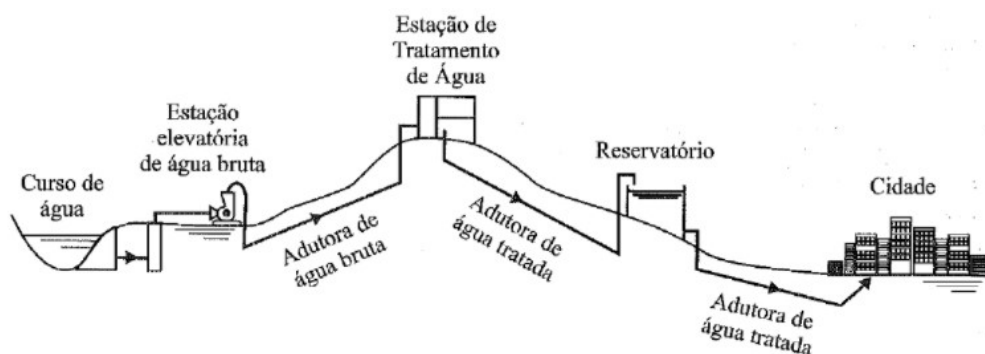
O Sistema de abastecimento de água (SAA) é um conjunto de obras de infraestrutura que visa melhor saneamento para a população ao captar, tratar e distribuir água com condições ideais para consumo seja ele doméstico ou industrial. De acordo com a Organização mundial da saúde (OMS) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) para o atendimento das necessidades básicas diárias, é necessário um volume de 20 litros por pessoa, esse fornecimento deve ser contínuo, com qualidade e pressões recomendadas (FUNASA, 2015).

A concepção de um sistema de abastecimento de água compreende um estudo inicial de engenharia, no qual se estabelecem as diretrizes gerais com relação às opções mais adequadas, ambiental, de todas as partes do projeto com termos de viabilidade técnica e econômica. Essa concepção básica estabelece a melhor solução sob os pontos de vista técnico, econômico e ambiental. A operação futura do projeto de um sistema de abastecimento, quanto à do serviço prestado e custos operacionais depende, fundamentalmente, da concepção básica do projeto como um todo. A elaboração do estudo de concepção é uma das partes mais importantes do projeto e deve ser elaborado, preferencialmente, por uma equipe multidisciplinar de profissionais com experiência em dimensionamento de projetos de sistemas de abastecimento de água (GOMES, 2019).

Um SAA, geralmente, é composto por um manancial, unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição.

Na Figura 1 observa-se o esquema. A seguir esses itens serão melhor apresentados:

Figura 1 - Esquema de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: TSUTIYA (2006)

Manancial: é um corpo d'água que pode ser superficial ou subterrâneo, usando como exemplo um poço, lago, rio, riacho e outros, ele deve ter vazão que atenda a demanda e deve estar em condições potáveis. (TSUTIYA, 2006)

Captação: A captação é um conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento de água (ABNT, 1992a) a captação superficial pode ser feita de um lago, rio, riacho e outros por gravidade ou bombeamento, já a captação subterrânea é feita de galerias filtrantes, usualmente são utilizados poços para o sistemas de abastecimento urbano. (BEZERRA, 2013)

Tratamento: A estação de tratamento de água (ETA) é o conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade, para que então a água possa ser consumida sem causar riscos à saúde humana. No Brasil, o Padrão de Potabilidade da água é estabelecido pelo Ministério da Saúde expresso na Portaria N° 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 que define os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. (MINISTÉRIO DA SAÚDE(MS), 2011).

Adução: A adução é o conjunto de canalizações destinados a transportar a água entre as unidades do sistema de abastecimento, da captação à ETA, até a rede de distribuição. (BEZERRA, 2013)

Reservação: Segundo Tsutiya (2004 Apud MOREIRA, 2014) os reservatórios tem como objetivo principal fazer a regularização das pressões e vazões, deve desempenhar excelência nas variações de consumo.

Distribuição: A rede de distribuição é a parte formada pelo conjunto de tubulações e acessórios interconectados destinados a entregar água de qualidade e de forma contínua aos consumidores. É a parte mais onerosa do sistema entendendo cerca de 50 a 70 % dos custos totais, essas devem ter uma atenção maior pois estão em contato direto com os consumidores. (TSUTIYA, 2006)

Existe inúmeros elementos hidráulicos (tubulações, conexões, bombas, válvulas e reservatórios) interconectados, segundo Salvino (2018) com a finalidade de conduzir e distribuir a água para os pontos de consumo em quantidade e qualidade desejáveis, são apresentados a seguir:

- Trecho: representa as tubulações que formam os percursos da rede de distribuição;
- Nó: É um ponto de ligação entre dois ou mais trechos, pode ser considerado como um ponto de consumo, consequentemente associado a uma demanda de água;
- Ramal: Conjunto de trechos conectados em série;
- Artérias: Trechos principais da rede de distribuição;
- Traçado da Rede: Configuração da distribuição das tubulações, com a definição da situação topológica de todos os componentes da rede;
- Alimentação: Início da rede de distribuição onde se localiza o reservatório ou o sistema de bombeamento.

A tipologia da rede pode ser constituída de três maneiras: rede malhada, ramificada e mista. O traçado ramificado caracteriza-se pelo único sentido do fluxo de escoamento, sua implantação é mais viável economicamente, porém sua manutenção a torna limitada em grandes centros urbanos pois para executar um reparo em um trecho todo o ramal a jusante ficará sem abastecimento. As redes malhadas são mais complexas pois estão ligadas em forma de anéis ou malhas, devido esse sistema caso haja manutenção em algum ponto, a rede não ficará sem água, pois pode ser desviada para outra malha (GOMES, 2009). A rede mista é basicamente a mistura do traçado malhado e ramificado em um único sistema, geralmente é o mais utilizado.

3.2 Sistemas de bombeamento

As bombas hidráulicas são equipamentos que tem por funcionalidade deslocar e elevar a água através de condutos pressurizados, transformando energia mecânica em energia hidráulica na forma de pressão e energia cinética. Geralmente, os sistemas de distribuição de água possuem diversos conjunto motor-bomba (CMB), seja para bombear fluidos de mananciais ou para recalcar-los a pontos mais distantes ou mais elevados, Podem também estar entre reservatórios, ou ainda, em algum trecho da rede aumentando a pressão, e nesse caso ficam conhecidas por booster (GOUVEIA, 2012). As curvas características são obtidas através de ensaios experimentais, são representações gráficas que relacionam a altura manométrica com diferentes valores de vazão.

3.2.1 Estação pressurizadora ou *booster*

De acordo com Gouveia (2012) a estação pressurizadora também conhecida como booster, normalmente é aplicada em instalações que necessitam de aumento de pressão ou de vazão, sendo utilizados na adução ou distribuição de água. A instalação de *booster* é assegurada pelos seguintes pontos: garante uma altura manométrica adequada, para uma vazão requerida; eleva a linha piezométrica a jusante de seu ponto de localização; e garante pressões mínimas apropriada em pontos críticos da rede.

O *booster* utilizado na adução de água é conhecido como booster em linha, o CMB fica conectado na tubulação, de modo que recebe água do lado de montante, com uma determinada pressão, e impulsiona-a no lado de jusante, com uma pressão superior.

Os *boosters* também são utilizados na rede de distribuição, seja em casos de expansão ou com objetivo de aumentar a pressão e mantê-la constante, independente das variações de consumo no decorrer do dia, ademais auxilia no escoamento do fluido.

3.3 Normas aplicáveis

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza uma série de normas técnicas para a elaboração dos estudos de concepção dos sistemas de abastecimento de água. As principais normas da ABNT são:

- NBR 12211/1989 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.

- NBR 12212/1990 - Projeto de poço para captação de água subterrânea.
- NBR 12213/1990 - Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
- NBR 12214/1990 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
- NBR 12215/2017 - Projeto de adutora de água para abastecimento público.
- NBR 12216/1989 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.
- NBR 12217/1994 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- NBR 12.218/2017 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

Quando o parâmetro é a pressão a NBR 12218/2017 designa que a estática mínima na rede de distribuição deve ser 10 m.c.a e pressão dinâmica máxima de 40 m.c.a para locais planos ou 50 m.c.a para locais acidentados, sendo assim, a faixa que deve ser respeitada é de 10 a 50 m.c.a. Alguns métodos de dimensionamento foram desenvolvidos no decorrer da história e alguns deles serão apresentados a seguir.

3.4 Métodos de dimensionamento de redes de distribuição de água

Devido à complexidade das redes desenvolveu-se diversos métodos de dimensionamentos que são cálculos numéricos e podem ser encontrados na literatura. Serão abordados alguns métodos de dimensionamento tanto para redes malhadas quanto para ramificadas.

3.4.1 Método do dimensionamento de redes ramificadas (seccionamento fictício);

Segundo Porto (2006), a rede ramificada ocorre quando o abastecimento é feito por uma tubulação de maior diâmetro que pode ser chamada de tubulação mestra que abastece canalizações de menores diâmetros, alimentada por um reservatório através da gravidade ou bombeamento, sendo conhecido sua vazão e seu único sentido de fluxo de escoamento.

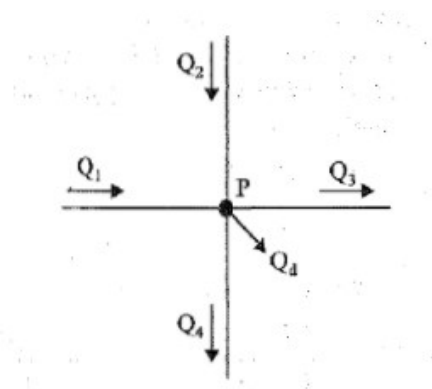
É possível transformar o dimensionamento de redes malhadas em redes ramificadas fictícia através do método, criando hipóteses de seccionamento do circuito fechado que gerará extremidades livres, o conduto deve sempre percorrer a menor distância. Depois de fazer o seccionamento no nó que ocorre afluência de fluxo serão definidos valores de vazão e diâmetro para cada trecho, e depois observa se no nó de menor pressão o valor da cota piezométrica, partir de então calcula-se os outros valores de cota, facilitando assim os cálculos seguintes (ISHIHARA et al., 2009).

3.4.2 Método de Hardy Cross

O método de Hardy Cross é um método que envolve tentativas diretas, ou seja, é um método iterativo que conforme iterações são feitas as soluções vão melhorando. É utilizado uma rede com seu circuito fechado, todas as tubulações com suas determinadas vazões. Considerando que o modelo é conservativo a circulação da pressão deve ser nula em todos circuitos, ou seja, em todos os anéis da rede a soma algébrica das perdas de carga deve ser igual a zero e a equação da continuidade deve ser satisfeita em todas as conexões (SAMPAIO, 2005).

Segundo Tsutiya (2006), em cada nó da rede (convergência de três ou mais tubulações), a soma algébrica das vazões é nula, a Figura 2 mostra as vazões afluentes no nó P, e pode ser expressa pela equação 1.

Figura 2 - Vazões Afluentes e Efluentes no Nó P.



Fonte: TSUTIYA (2006)

O Cálculo pode ser expressado pela equação 1.

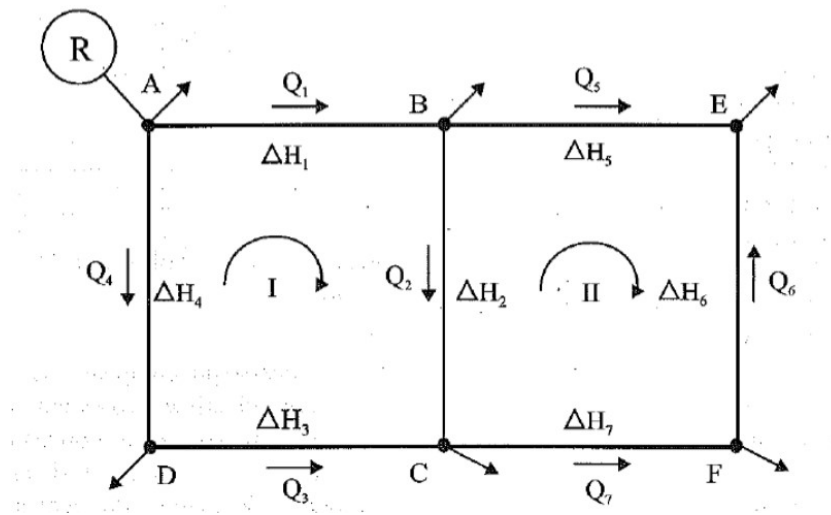
$$Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_d = 0 \quad (1)$$

Onde:

Q é a vazão, as que chegam no nó são positivas e as que saem são negativas.

Recomenda-se a sequência de cálculo apresentada a seguir na Figura 3 para a realização do método:

Figura 3 - Convenções para o cálculo das perdas de carga.



Fonte: TSUTIYA (2006)

Onde:

ΔH é a perda de carga, em todos os anéis da rede a soma algébrica das perdas de carga deve ser igual a zero, precisa-se convencionar o fluxo da água para que as vazões e as perdas de carga sejam positivas se tiverem o mesmo sentido do qual foi convencionado (equação 2), e negativo, caso contrário (equação 3).

$$\text{Anel I:} \quad \sum \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 - \Delta H_4 = 0 \quad (2)$$

$$\text{Anel II:} \quad \sum \Delta H = -\Delta H_2 + \Delta H_5 - \Delta H_6 - \Delta H_7 = 0 \quad (3)$$

Portanto, utilizando a equação 5 e 6 associada a equação 4 obtém-se a perda de carga :

$$\sum \Delta H = -\Delta H_2 + \Delta H_5 - \Delta H_6 - \Delta H_7 = 0 \quad (4)$$

$$\sum \Delta Q = 0 \text{ (em cada nó)} \quad (5)$$

$$\sum \Delta H = 0 \text{ (em cada anel)} \quad (6)$$

Sendo conhecidos (adotados) os comprimentos e diâmetros, utilizando Hazen Willians, as perdas podem ser calculadas pela equação 7:

$$\Delta H_f = \frac{10,641 * Q^{1,85} * L}{C^{1,85} * D^{4,87}} \quad (7)$$

Quando satisfeito $\sum \Delta H = 0$ e $\sum \Delta Q = 0$ conclui-se o cálculo.

Porém se, $\sum \Delta H \neq 0$ aplica-se a vazão corretiva (equação 8):

$$\Delta Q = \frac{-\sum \Delta H}{1,85 * \sum \frac{\Delta H}{\Delta Q}} \quad (8)$$

3.4.3 Método PNL 2000

A metodologia do PNL2000 é uma alternativa de algoritmo aplicado no dimensionamento de redes, utiliza o modelo matemático da programação não linear, o dimensionamento pode ser executado em redes ramificadas e malhadas e se divide em duas etapas, sempre visando o custo mínimo. Na primeira situação faz-se um dimensionamento prévio do sistema, a altura manométrica de alimentação das cabeceiras, as vazões dos trechos e o diâmetro são variáveis a serem determinadas. Em seguida quando já se obteve os resultados, inicia-se a segunda etapa, que tem como objetivo corrigir os valores dos diâmetros que foram encontrados, para se adequarem aos que estão no mercado (GOMES; FORMIGA, 2001).

3.4.4 Método Pimentel Gomes

O principal objetivo do método Pimentel Gomes é equilibrar hidraulicamente a rede de abastecimento, através de técnicas operacionais na resolução das variáveis hidráulicas, o escoamento do conduto deve ser permanente, seu dimensionamento não busca alternativas que minimizem os custos totais do projeto tornando-o oneroso. Esse procedimento pode ser dividido em duas etapas: 1) Faz-se um pré-dimensionamento, no qual os diâmetros, as vazões nos trechos e a altura manométrica são variáveis a serem encontradas, devem cumprir as leis de conservação de massa nos nós e de conservação de energia nos anéis. 2) Os valores dos diâmetros encontrados inicialmente para os trechos devem ser aproximados às bitolas comerciais, logo em seguida, poderão ser feitas várias simulações através da ferramenta Solver buscando uma solução definitiva que seja adequada às condições de operação, sempre obedecendo as restrições impostas pelas normas técnicas (GOMES, 2009).

3.5 Previsão de aumento populacional e estimativa de vazão de dimensionamento.

O estudo demográfico pode ser feito utilizando alguns métodos, segundo a FUNASA são eles: método dos componentes demográficos, métodos matemáticos e método de extrapolação gráfica. O método dos componentes demográficos considera variáveis como fecundidade, mortalidade e migração; neste são formuladas hipóteses de comportamento futuro. Nos métodos matemáticos a previsão da população é estabelecida por meio de equação, com parâmetros obtidos a partir de dados conhecidos. O método de extrapolação gráfica consiste no traçado de uma curva arbitrária que se ajusta aos dados já observados de populações de outras comunidades com características semelhantes às do estudo, mas que tenham uma população maior. Os métodos matemáticos são bastante utilizados em simulações de previsões populacionais em projetos de saneamento. É importante destacar que independentemente do método escolhido, os resultados da projeção populacional devem ser coerentes com a densidade populacional da área em questão (atual, futura ou de saturação).

No quadro a seguir são apresentados equações aplicáveis aos métodos matemáticos aritmético e geométrico.

Quadro 1 - Métodos matemáticos utilizados em projeção populacional

Método	Fórmula da projeção	Coefficiente
Projeção geométrica	$P_t = P_0 * e^{kg*(t-t_0)}$	$kg = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção aritmética	$P_t = P_0 + K_a * (t - t_0)$	$ka = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$

Fonte: FUNASA (2015)

Onde: P0 e P2= populações nos anos t0, t1 e t2;

Pt = população estimada no ano t (hab.);

Ka e kg= coeficientes de crescimento populacional das equações.

Desse modo, o cálculo das vazões de dimensionamento diversas partes de um SAA, deve ser feito para atender as condições de demanda máxima para que o sistema não funcione com deficiência durante algumas horas do dia ou dias do ano. As obras a montante do reservatório de distribuição devem ser dimensionadas para atender a vazão média do dia de maior consumo do ano. A rede de distribuição deve ser dimensionada para a maior vazão de demanda, que é a hora de maior consumo do dia de maior consumo.

As expressões para cálculo das vazões para os diversos componentes do sistema de abastecimento de água podem ser observadas no quadro a seguir:

Quadro 2 - Vazões de dimensionamento.

Vazões	Fórmulas
Captação, estação elevatória e adutora.	$Q = \left(\frac{P * q * K1}{86400} + Q_{esp.} \right) * C_{ETA}$
ETA até o reservatório.	$Q = \frac{P * q * K1}{86400} + Q_{esp.}$
Reservatório até a rede.	$Q = \frac{P * q * K1 * K2}{86400} + Q_{esp.}$

Fonte: TSUTIYA (2006)

Após a etapa de realização dos cálculos necessários, o passo seguinte consiste em realizar dimensionamento da rede de distribuição, dessa forma, pode ser trabalhoso se for de grande porte. Por esse motivo, os recursos computacionais têm sido largamente utilizados para esta finalidade.

3.6 Simulação computacional de redes de distribuição de água

Os simuladores são capazes de realizar uma série de cálculos com bastante velocidade e precisão, diminuem as chances dos erros de cálculo, encurtam o tempo de elaboração do projeto, favorecendo a qualidade e economia de recursos. Essa série de cálculos estão associados a métodos numéricos de solução e são transformados em uma sequência ordenada de comandos expressando assim o comportamento hidráulico e de qualidade da água no sistema. Ultimamente, são realizados, com mais frequência, estudos simulando a dinâmica de redes reais e mais complexas (SILVA, 2014; SALVINO, 2012; GIUSTOLISI, BERARDI e LAUCELLI, 2014).

A seguir, são apresentados alguns dos simuladores hidráulicos mais utilizados para redes de distribuição de água.

3.6.1 WaterCAD

É um Software comercial pago de propriedade de Bentley Systems, desenvolvido para análises de qualidade da água, gerenciamento de redes pressurizadas, determinação da vazão de incêndio exigida. Uma de suas vantagens é a interação com outros softwares como AutoCAD e ArcGIS. Permite a simulação hidráulica através de modelo computacional constituído de trechos de tubulação, nós de consumo, tanques, reservatórios e válvulas, com desenhos em plataforma 2D (METHODS, 2007).

De acordo com Diuana e Ogawa (2015) as principais características do programa são:

- Análise de vazões de incêndio;
- Dimensionamento de bombas;
- Custos de energia;
- Análise de qualidade da água;

- Mistura em reservatórios;
- Calibração e Detecção de Vazamentos;
- Modelagem e análise de válvulas;
- Além da modelagem hidráulica, estática e dinâmica com a possibilidade de comparação de diferentes cenários.

3.6.2 Epanet 2.0

É um programa computacional gratuito de modelagem que foi desenvolvido pela agência nacional de proteção ambiental americana, USEPA (Environmental Protection Agency of United States). Ele permite executar simulações hidráulicas estáticas e dinâmicas e de qualidade em redes pressurizadas do comportamento hidráulico. As principais capacidades de modelagem hidráulica quando se utiliza a ferramenta EPANET, de acordo com Rossman (2008):

- Dimensão ilimitada de número de componentes da rede analisada.
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos, entre outros;
- Modelação de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo da energia de bombagem e do respectivo custo;
- Modelação dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de caudal;
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas através de curvas de volume em função da altura de água;
- Múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo.

O EPANET permite a modelagem utilizando o conjunto de trechos ligados a nós, bombas, válvulas de controle, reservatórios de nível fixo (RNF) que representam um volume de armazenamento de água de capacidade indefinida e carga hidráulica constante, enquanto que os reservatórios de nível variável (RNV) possuem uma capacidade de armazenamento limitada e o volume de água pode variar ao longo da simulação, todos constituem o sistema (MOREIRA, 2011).

Dentro da sua base de cálculos, o programa possui três maneiras para realizar os cálculos das perdas de carga, por meio das equações de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach e de Chezy-Manning. Silva (2008) aponta que o programa tem alta capacidade de interação com diversos softwares livres, desse modo permite simular diversas situações reais, tornando-se uma excelente ferramenta para:

- Importar e trabalhar com redes desenhadas em CAD (*.dxf ou *.dwg);
- Analisar a qualidade da água de mais do que uma espécie química em simultâneo;
- Modelagem do funcionamento de bombas e válvulas.

Por ter diversas vantagens o Epanet vem sendo constantemente utilizado como na calibração (SHEN e MCBEAN, 2011; KOPPEL e VASSILJEV, 2011), também em simulações de pressões e vazões (FARIA et al., 2009) de rede de distribuição.

Sayyed *et al.* (2014) modelaram uma rede de distribuição real no EPANET 2.00.12, para simular diversos cenários e obter resultados de pressão e vazão do modelo. O principal objetivo correspondeu em avaliar os nós que estavam com condições abaixo das normas regulamentadoras e sugerir medidas, como a mudança de diâmetro da tubulação ou a adição de uma válvula de controle.

Apesar da maioria das práticas utilizando Epanet serem em meio urbano ele também pode ser utilizado em comunidades rurais. Ramana *et al.* (2015) desenvolveram um modelo no EPANET simulando uma rede de distribuição de uma comunidade rural no distrito de Kadapa – Índia, o objetivo do trabalho foi de garantir a qualidade da água para vários pontos da comunidade, mediante uma possível expansão. Os autores concluíram que o sistema era capaz de suportar um crescimento de 5% da população sem sofrer com deficiências no abastecimento.

Pereira *et al.* (2010) elaboraram dois cenários para simulação hidráulica da variação dos valores de pressão dinâmica, e utilizaram dados da rede de distribuição de água do 3º setor da Região Metropolitana de Belém (RMB), o principal objetivo foi avaliar hidraulicamente os impactos da setorização na distribuição de água na área urbana, com a utilização do software EPANET 2.0, tendo como exemplo de aplicação prática em setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém. Os autores constataram, através de simulação hidráulica, a necessidade de definir e padronizar as atividades de controle e monitoramento do desempenho operacional de redes de

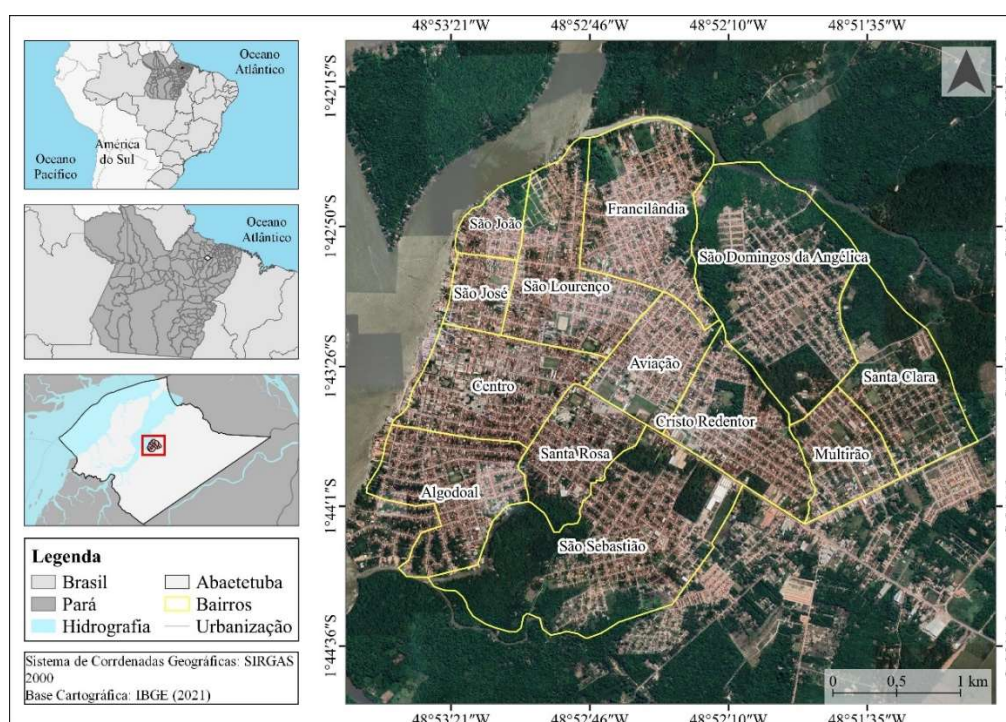
distribuição de água, sendo a avaliação das variações das pressões dinâmicas, importante ferramenta para técnicos e funcionários de empresas de saneamento.

4 METODOLOGIA

O Município de Abaetetuba, que apresenta 1.610,654 km² e população de 141.100 habitantes (IBGE, 2010), pertence a Mesorregião do Nordeste Paraense e a Microrregião de Cametá. A Sede do Município tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°43'24" de latitude Sul e 48°52'54" de longitude a Oeste de Greenwich. O município é composto por treze bairros, sendo eles, Centro, Santa Clara, Cristo Redentor, Algodual, São Lourenço, Angélica, Santa Rosa, Francilândia, São Sebastião, São José, São João, Aviação e Mutirão. Além dos bairros, o município apresenta 1 distrito, conhecido como distrito de Beja. No município de Abaetetuba a população total atendida com abastecimento de água por rede de distribuição é de apenas 20.800 habitantes e possui 4.674 ligações ativas de água, nesse sentido faz necessário as aplicações de expansão para atender o aumento futuro do contingente populacional e parcela da população residente que ainda não é atendida pela concessionária de abastecimento local.

Os bairros de Abaetetuba, podem ser observados no mapa de localização da Figura 4.

Figura 4- Localização da área de estudo.



Fonte: Autor (2022).

O clima no município de Abaetetuba é do tipo Am - Clima tropical úmido ou subúmido, segundo a classificação climática de Köppen, que corresponde à categoria de superúmido, mais conhecido como Tropical, sua temperatura na maioria dos meses é sempre alta, a área possui altitude de 10 m e rápidas precipitações.

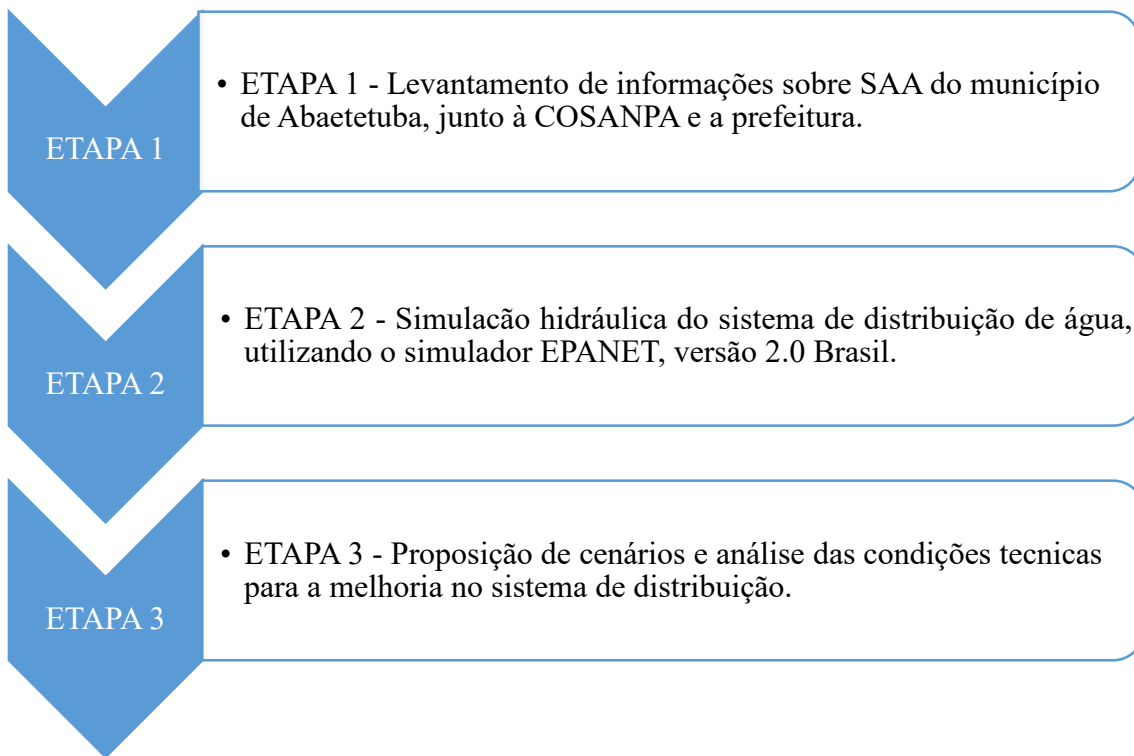
Quanto à topografia do município destacam-se inexpressivos acidentes topográficos, oscilando entre 5 a 20 metros, os quais ficam localizados na margem direita do trecho baixo do rio Tocantins (PREFEITURA DE ABAETETUBA, 2006).

O município possui o maior Produto Interno Bruto (PIB) e o maior Índice de Desenvolvimento Humano no contexto microrregional em 2021. É a cidade com melhor infraestrutura da região do baixo Tocantins, as atividades econômicas que mais predominam na empregabilidade de pessoas no município são as voltadas para o setor do comércio, da indústria e da prestação de serviços, seguidos da agropecuária. O polo industrial está localizado em Barcarena, porém a maior parte da mão de obra é de Abaetetuba fazendo assim com que a porcentagem do setor terciário aumente. Quando se analisa o desmembramento do PIB municipal, pode-se perceber que o setor terciário se destaca sendo correspondente a 82,86% do PIB municipal, ao passo que o setor primário representa 6,84% e, finalmente, o setor secundário representa 10,28% em valores referentes ao ano de 2011 (QUARESMA et al., 2015).

4.1 Desenvolvimento do estudo

O estudo foi realizado em três etapas, conforme observado na Figura 5.

Figura 5 – Etapas do estudo.



Fonte: Autor (2022).

4.1.1 Etapa 1 – Levantamento de informações sobre SAA do município de Abaetetuba, junto à concessionária de saneamento e a prefeitura.

Para realizar a simulação computacional do sistema de distribuição de água foi utilizado o simulador EPANET 2.0, a justificativa para se utilizar o EPANET está firmada na condição dele ser um software livre, por ter grande versatilidade, bastante utilizado por diversos profissionais em vários países é uma ferramenta pedagógica que fornece ajuda considerável no ensino da hidráulica.

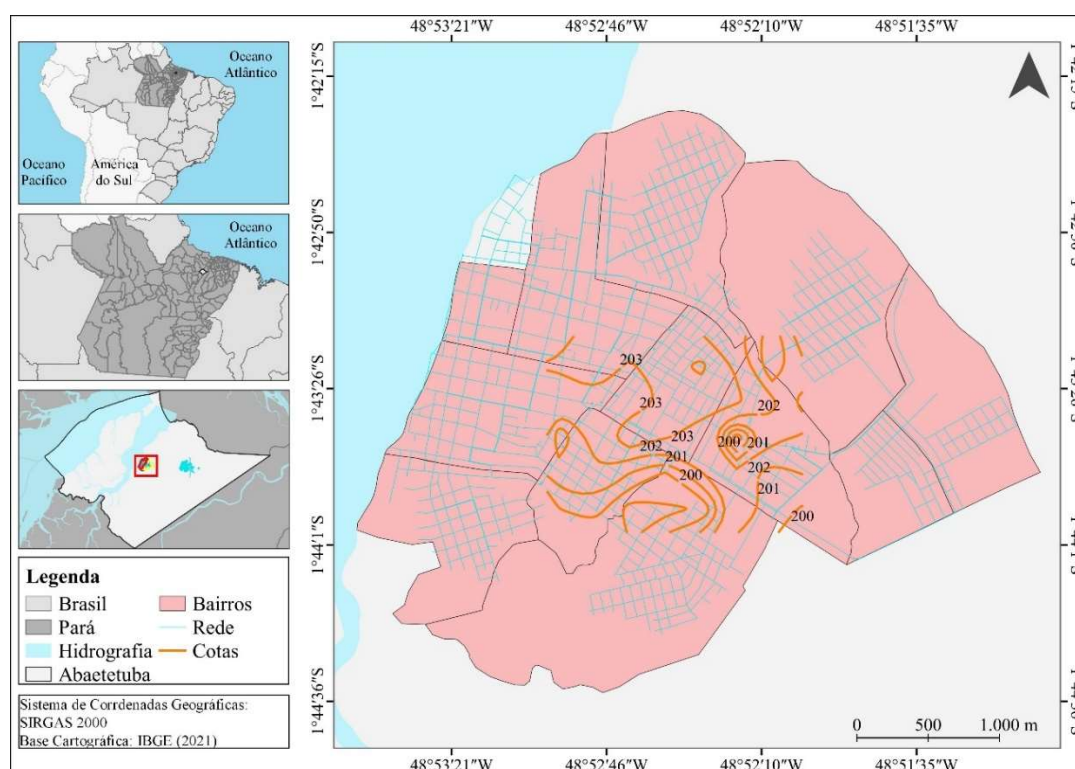
Fez-se necessário utilizar informações sobre as características físicas desse sistema, e sobre sua operação, para que um modelo possa ser elaborado e simulado. Dessa forma, por meio de ofício (Anexo I) enviado para a concessionária de abastecimento do município, foi solicitado o cadastro do sistema, o projeto em arquivo CAD, as cotas topográficas do município, informações sobre micromedição (volumes micromedidos,

modelos de hidrômetros, relatórios de calibração dos referidos aparelhos, etc.), macromedicação (medição de vazão, pressão e nível), relatórios de qualidade da água do sistema de distribuição e visita técnica ao sistema.

As informações disponibilizadas pela concessionária, úteis ao estudo, foram o projeto de ampliação da rede de distribuição, em arquivo CAD, contendo os diâmetros, comprimentos e materiais da rede de distribuição existente e a construir, informações sobre as características físicas dos reservatórios, com altura e volume, e outras informações sobre a infraestrutura do SAA, disponíveis em relatórios e outros documentos.

Além disso, os arquivos disponibilizados pela concessionária, também foi possível constatar algumas curvas de nível, que auxiliaram do traçado de um perfil topográfico necessário para a modelagem do sistema (Figura 6).

Figura 6 – Curvas de nível obtidas juntamente com a concessionária de abastecimento.



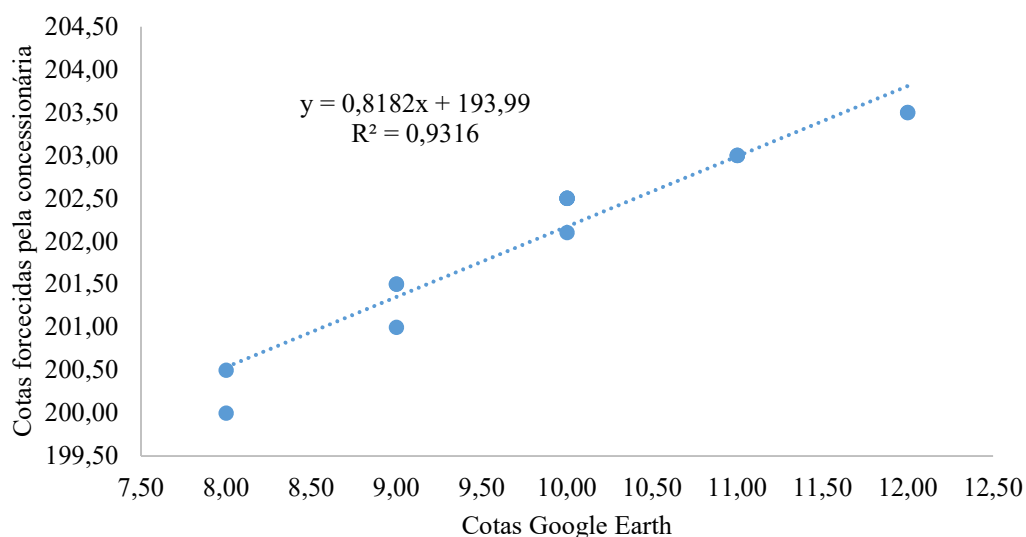
Fonte: Autor (2022).

Observa-se pela Figura 6, a falta de informações sobre a topografia das áreas periféricas da rede de distribuição. Por este motivo, foi realizada uma consulta à prefeitura do município, na tentativa de se identificar essas informações.

De acordo com Prado (2021) a maioria dos bairros do município de Abaetetuba não possuem levantamento topográfico, a secretaria de obras e viação (SEMOB) do município informou que esse levantamento é feito somente quando a prefeitura realiza algum serviço em determinada área em específico, não havendo, desse modo, as informações (Informação verbal)¹.

Conforme Praia e Siqueira (2019) uma forma de se traçar um perfil topográfico, com certa aproximação, é correlacionando os dados existentes, com as informações do *software* Google Earth®, permitindo ajustar uma equação entre pontos com cotas diferentes, para então se obter os dados de outras localidades. Na Figura 7 é apresentado o gráfico com a equação utilizada e seu coeficiente de correlação.

Figura 7 - Gráfico de correlação com a Equação e o R²

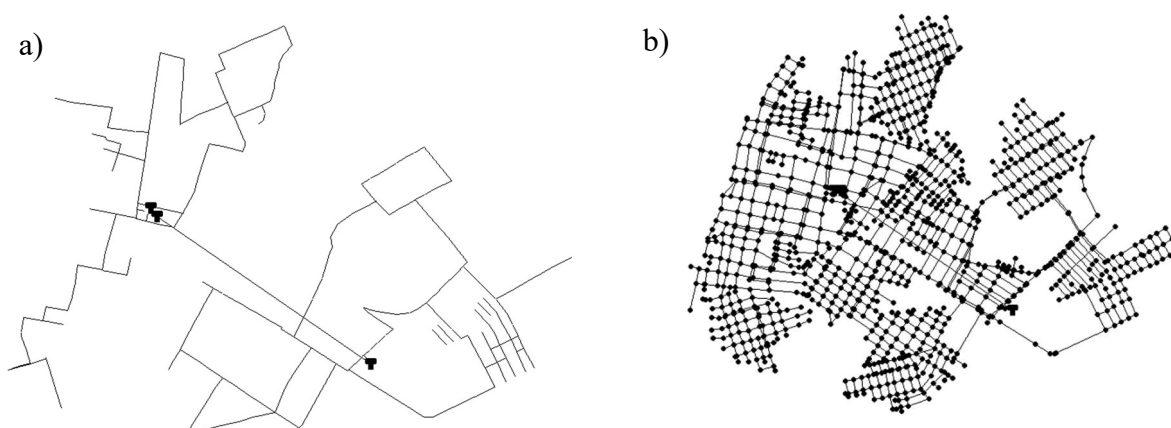


Fonte: Autor (2022).

A rede de distribuição do sistema de abastecimento existente pode ser observado na Figura 8 onde compara com a rede após a expansão.

¹ Informação fornecida pelo Engenheiro civil da Secretaria de Obras e Viação do município de Abaetetuba, Marcus Antonio Ferreira Prado no dia 06 de outubro de 2021.

Figura 8 - Rede de distribuição existente (a) e rede expandida (b)



Fonte: Autor (2022)

4.1.1.1 População de projeto e demanda per capita

Após a expansão da rede de distribuição as áreas que serão atendidas contabilizará 393 hectares no 1º setor e 582 hectares no 2º setor de abastecimento, totalizando 975 hectares (a descrição de divisão de setores será apresentada na Figura 17), e a população de projeto para a rede expandida é de aproximadamente 141 mil habitantes.

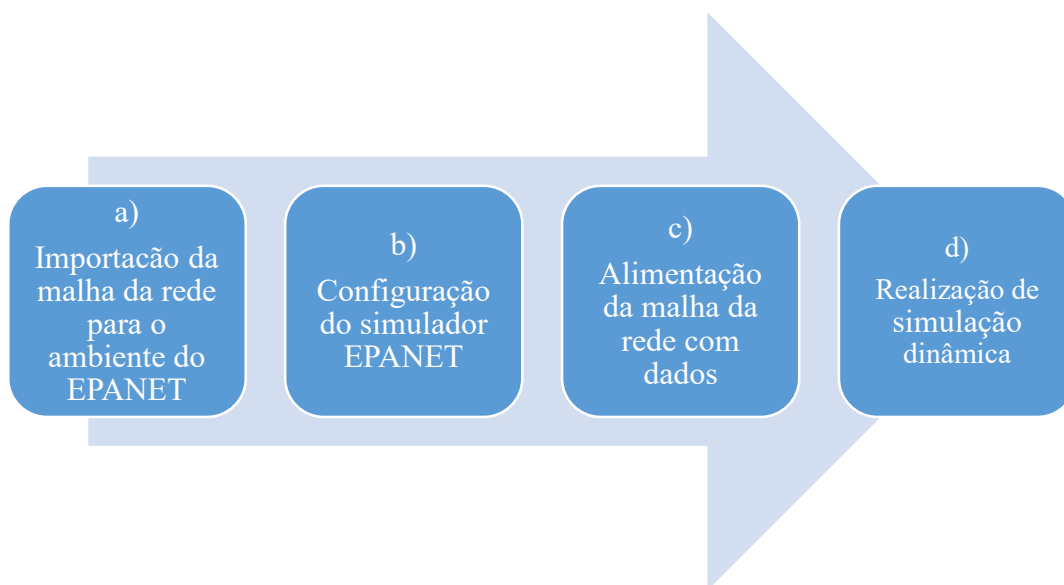
De acordo com Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba – PMSB (2019), consumo per capita efetivo atual do município de Abaetetuba foi estimado em 189,0 l/hab.dia, valor esse obtido dos dados atuais fornecidos pela concessionária de abastecimento local, calculado a partir do volume consumido dividido pela população urbana abastecida do município.

Conforme o Diagnóstico Temático dos Serviços de Água e Esgotos – 2020, a média de consumo na região norte é de 140 l/hab. dia e no estado do Pará é 155,9 l/hab. dia (SNIS, 2021).

4.1.2 Etapa 2 - Simulação hidráulica do sistema de distribuição de água, utilizando o Simulador EPANET, versão 2.0 Brasil.

A simulação do sistema de distribuição foi realizada conforme observado na Figura 9.

Figura 9 – Sequência de ações realizadas para a simulação hidráulica do sistema de distribuição.

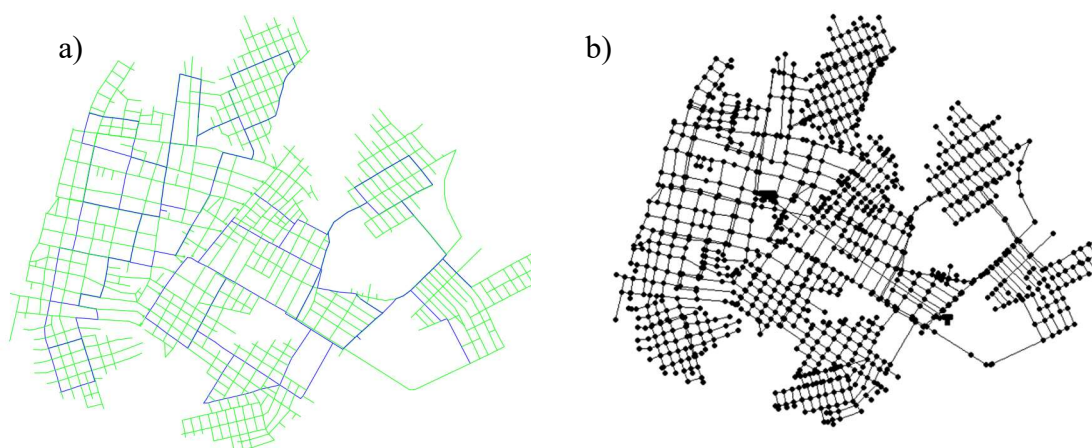


Fonte: Autor (2022).

a) Importação da malha da rede para o ambiente do EPANET

A malha da rede de distribuição do SAA foi fornecida pela concessionária, no formato .dwg (arquivo CAD), sendo necessária sua conversão para um formato .net (formato de arquivo que pode ser aberto no ambiente do EPANET), conforme observado na Figura 10. Para a conversão, foi utilizado o software livre EpaCAD, bastante utilizado para esta finalidade.

Figura 10 – Conversão da malha da rede em formato CAD (a) para ambiente do EPANET (b).



Fonte: Autor (2022).

Antes da conversão, foi necessária uma análise da rede, para diminuir a ocorrência de erros de formação ou desaparecimento de nós, além dos erros que ocorrem quando se

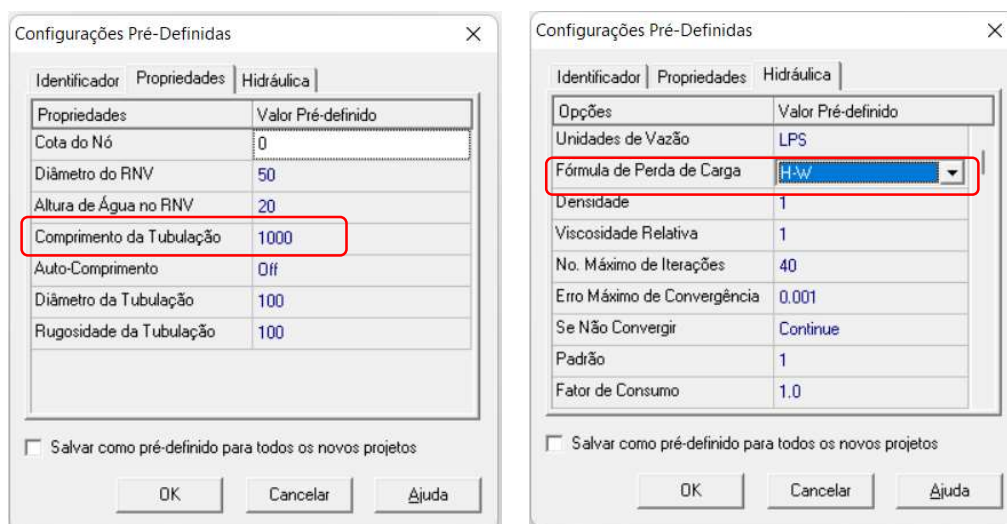
importa redes em CAD com várias linhas sobrepostas, que o EPANET poderá interpretar com sendo várias tubulações, sobrepostas.

b) Configuração do simulador EPANET

O EPANET, em sua versão 2.0, apresenta opções de métodos de cálculo, unidades de medidas de suas variáveis e outras configurações.

Para o referido estudo, foi utilizada a equação de Hazen-Williams para o cálculo da perda de carga hidráulica (Figura 11). A unidade de vazão foi mantida em litros por segundo, e a função de comprimento automático não foi ativada, para que os valores dos comprimentos dos trechos fossem inseridos manualmente.

Figura 11 – Menu de opções do EPANET 2.0.



Fonte: Autor (2022).

c) Alimentação da malha da rede com os dados

Na rede importada para o ambiente do EPANET, foram inseridos nos editores de propriedades dos trechos e nós, os valores dos diâmetros, material, comprimento, bem como, a cota topográfica, cotas de fundo dos reservatórios, alturas, diâmetro dos reservatórios, e outros.

A rede expandida é composta por 149.889,81 m de tubulações que estão distribuídas em 1.607 trechos, 1.147 nós, 3 reservatórios de nível variado e 2 bombas. Um dos RNV é alimentado por um nó que representa um ponto de consumo com vazão negativa. Utilizou-se na simulação PVC como material, os diâmetros nominais variaram de DN 50 a DN 400 mm, o coeficiente de rugosidade (C) foi igual a 135 para diâmetros

inferiores a DN 300 mm, e de 105 para superiores a DN 300 mm, de acordo com Azevedo Netto (2015), vale lembrar que os valores foram definidos pela COSANPA.

Na Figura 12, é observado um exemplo de inserção das informações dos trechos e dos nós no modelo computacional desenvolvido.

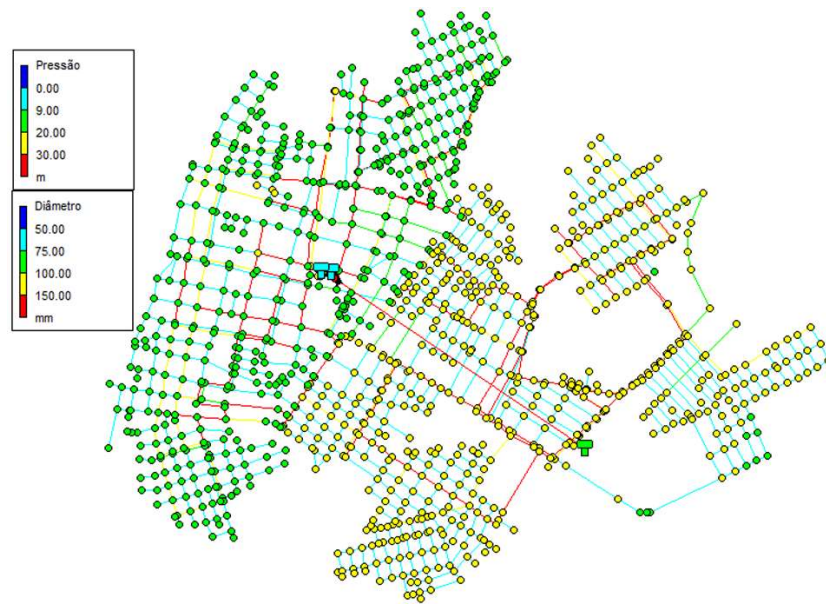
Figura 12 – Exemplo de como a inserção das informações do sistema no EPANET 2.0 foi realizada.

Trecho p299		Nó n1113	
Propriedade	Valor	Propriedade	Valor
*Identificador do Trecho	p299	*Identificador do Nó	n1113
*Nó Inicial	n340	Coordenada X	749172.1
*Nó Final	n255	Coordenada Y	9810547
Descrição		Descrição	
Zona		Zona	
*Comprimento	70.16	*Cota	199.717
*Diâmetro	100	Consumo-Base	0.20
*Rugosidade	135	Padrão de Consumo	1
Coef. Perda de Carga Singular	0	Categorias de Consumo	1
Estado Inicial	Open	Coef. do Emissor	
Coef. Reação no Escoamento		Qualidade Inicial	
Coef. Reação na Parede		Origem de Qualidade	
Vazão	#N/A	Consumo Corrente	#N/A
Velocidade	#N/A	Carga Hidráulica Total	#N/A
Perda de Carga	#N/A	Pressão	#N/A
Fator de Resistência	#N/A	Qualidade	#N/A
Taxa de Reação	#N/A		
Qualidade	#N/A		
Estado	#N/A		

Fonte: Autor (2022).

No apêndice A é possível identificar as características dos nós e trechos. Após a inserção das informações no EPANET, foi possível ativar o diagrama de cores a partir do qual se observa a faixa de valor de cada variável do trecho ou do nó (Figura 13).

Figura 13 - Traçado completo da rede.



Fonte: Autor (2022).

d) Realização de simulação dinâmica

A simulação dinâmica foi realizada para um período de 24 horas (duração total), com intervalos de variação de 1 h (intervalo de tempo padrão), conforme indicado na Figura 14.

Figura 14 – Editor de opções de tempo do EPANET.

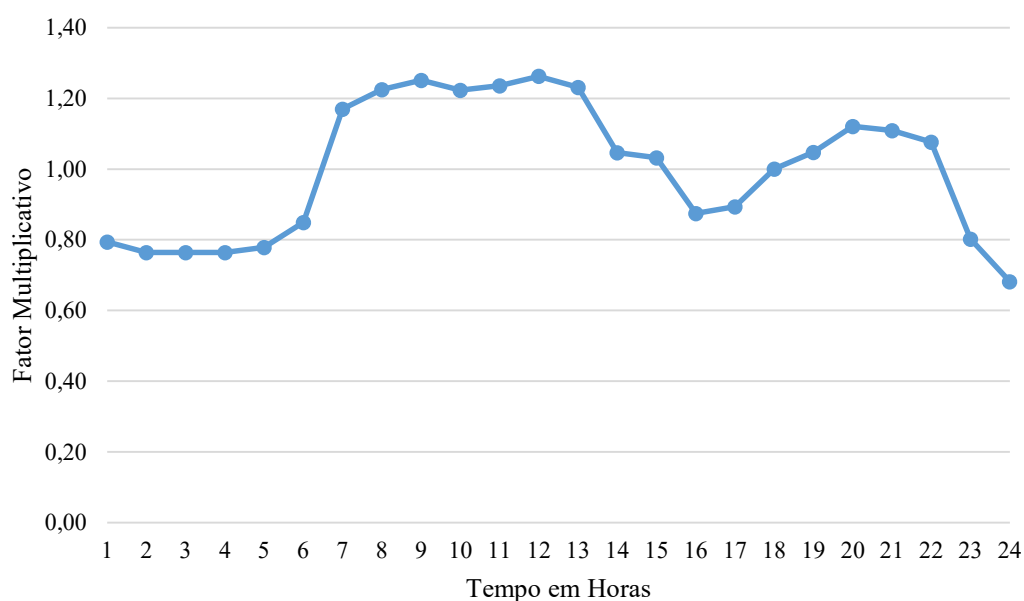
Tempos Opções	
Propriedade	h:min
Duração Total	24
Intervalo de Cálculo Hidráulico	1:00
Intervalo de Cálculo de Qualidade	0:05
Intervalo de Tempo Padrão	1:00
Tempo de Início Padrão	0:00
Intervalo de Tempo do Relatório	1:00
Tempo de Início do Relatório	0:00
Tempo do Início da Simulação	0:00
Estatística	None

Fonte: Autor (2022).

Por não ter sido possível utilizar dados de macromedição do sistema de abastecimento de Abaetetuba, foi pesquisada curva de consumo de água de um município com as características similares ao de Abaetetuba, como por exemplo, clima, economia e outros. De acordo com Tsutiya (2006) municípios com características similares, tendem a ter variações de consumo de água parecidas.

Foi utilizada a curva de consumo do município de Ananindeua, estado do Pará (localizado aproximadamente 68 km em linha reta de Abaetetuba), monitorada na saída do reservatório elevado do Setor Guanabara. Essa curva foi disponibilizada em sua forma adimensional por Kuritza (2017) e pode ser observada Figura 15.

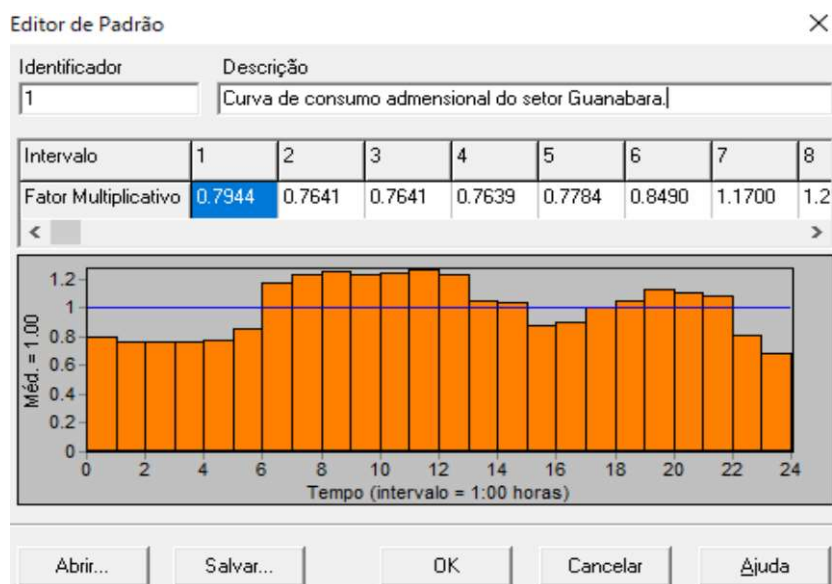
Figura 15 - Curva adimensional (neutra) do setor Guanabara, Ananindeua - PA.



Fonte: Autor (2022).

Os valores da curva da Figura 15, foram inseridos no editor de padrão do EPANET. O procedimento é observado na Figura 16.

Figura 16 – Criação do padrão de variação do consumo base.



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

A partir da associação do padrão aos consumos bases dos nós da rede de distribuição, foi possível verificar as condições hidráulicas da rede (variação horária de vazão, pressão, velocidade e perda de carga).

Vale observar que a etapa final de elaboração do modelo, seria um ajuste da rede de distribuição, de modo que os valores das variáveis hidráulicas simuladas ficassem próximos aos observados no monitoramento de campo (esse procedimento é denominado calibração). No entanto, além de não ter sido possível obter acesso aos dados de monitoramento de campo (dados de pressão e vazão), a calibração de uma rede, em geral, não é tarefa simples, podendo ser necessário um estudo a parte, específico para esta finalidade. Soma-se a isto o fato de a rede analisada ser parcialmente existente, uma vez que está se considerando a proposta de expansão da rede, que não foi realizada. No entanto, cabe observar que as etapas anteriores à calibração foram realizadas, encurtando o caminho para as análises futuras.

4.1.3 ETAPA 3 - Proposição de cenários e análise das condições técnicas para a melhoria no sistema de distribuição.

Foram propostos três cenários para verificar a adequabilidade de funcionamento da rede de distribuição em relação às exigências da NBR 12.218/2017, o primeiro cenário correspondendo à rede sem as intervenções propostas, o segundo e o terceiro foram definidos a partir da inserção de reservatórios e boosters, respectivamente. Nesse sentido,

no segundo cenário foram feitos todos os cálculos necessários para encontrar os valores de volume útil e definidas suas localizações a partir das áreas que apresentaram maior número de nós com pressões abaixo do recomendado pela norma. No terceiro cenário foram inseridos boosters, sua potência foi definida de acordo com sua área de atendimento, ou seja, a potência foi sendo adequada para que a maioria dos nós ficassem com pressões recomendadas. Os cenários podem ser evidenciados no item 5.2.

Para se ter referência de valores, foram utilizadas as faixas de valores 10 m.c.a a 50 m.c.a. recomendados pela norma NBR 12.218/2017, para as velocidades e pressões na rede de distribuição.

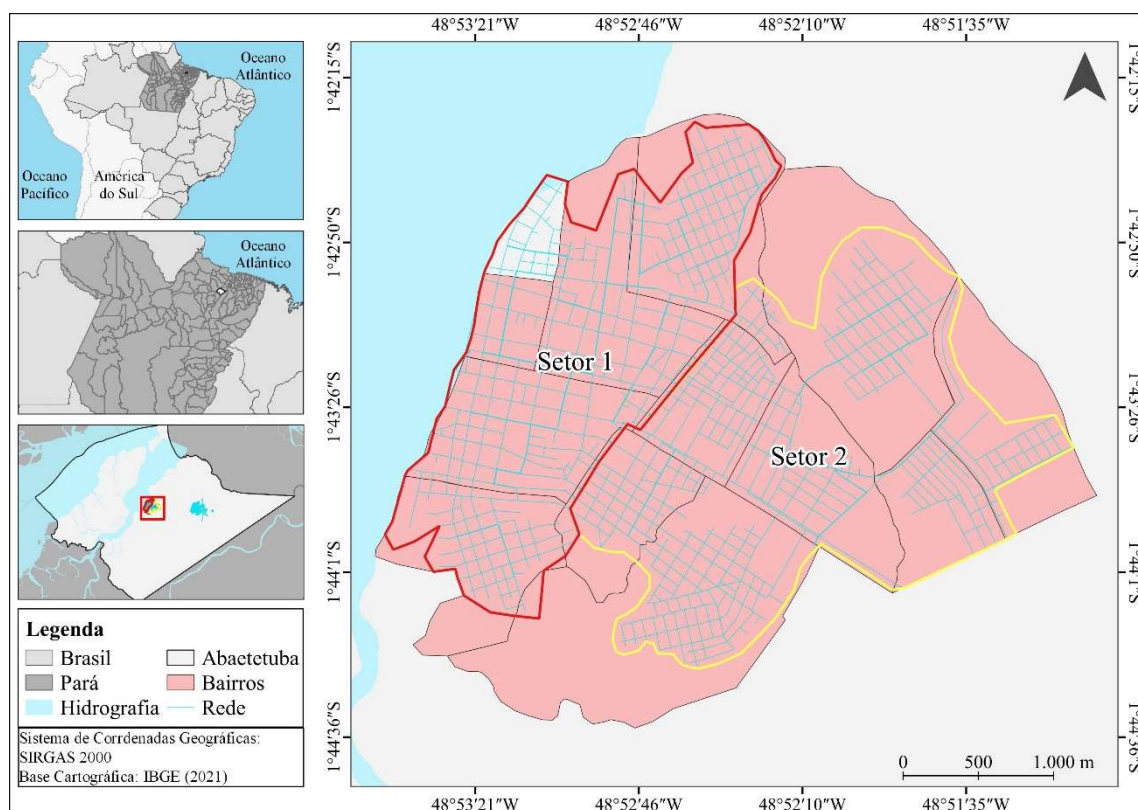
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item serão discutidas as principais características do SAA do município de Abaetetuba, sua descrição de funcionamento e operação, serão também descritos os três cenários e seus resultados de simulação do sistema de distribuição expandido.

5.1 Sistema de abastecimento de água de Abaetetuba

O SAA do município de Abaetetuba é dividido em dois grandes setores: setor 01 compreendendo os bairros de São Lourenço, São José, São João, Centro, Algodual e Francilândia, e o Setor 02 compreendendo os bairros da Aviação, Santa Rosa, São Sebastião, Cristo Redentor, Mutirão, Santa Clara e Angélica. Na Figura 17 observa-se a divisão dos setores.

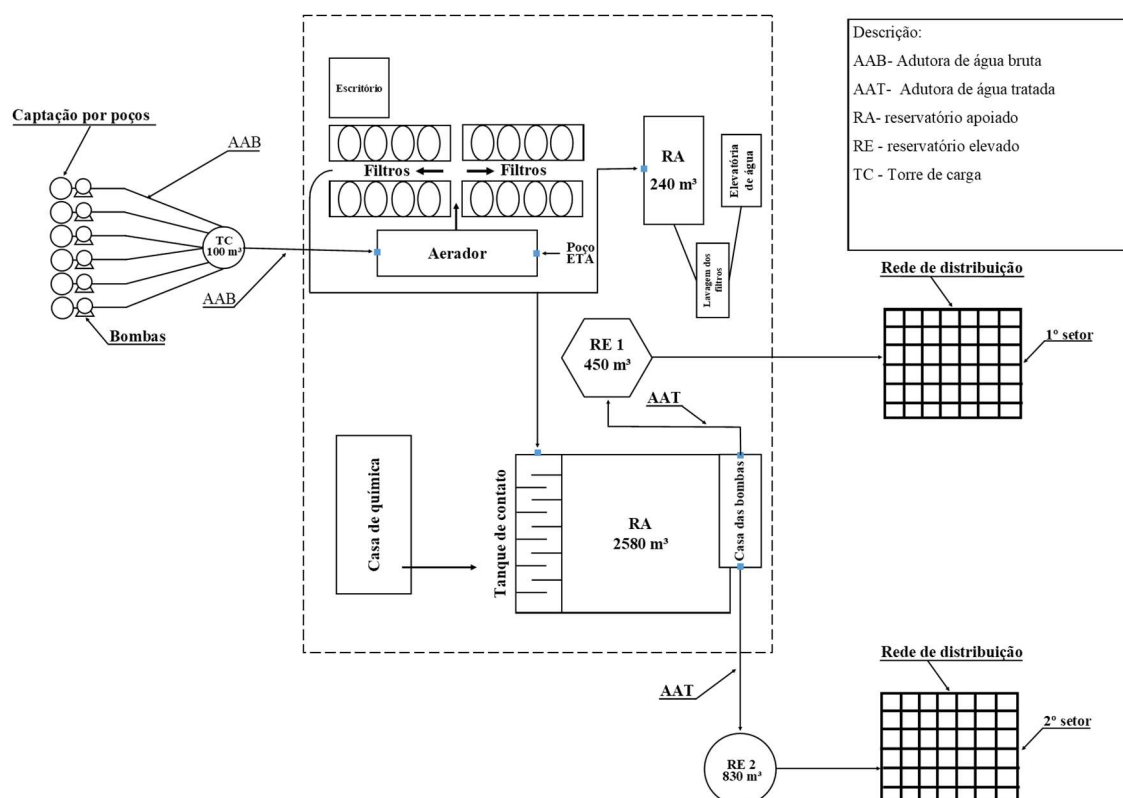
Figura 17 – Mapa de divisão de setores.



Fonte: Autor (2022).

O esquema do sistema de abastecimento da COSANPA poder observado no seguinte esquema da Figura 18.

Figura 18 - Esquema do sistema de abastecimento de água de Abaetetuba.



Fonte: Autor (2022).

A seguir serão apresentadas as unidades do SAA de Abaetetuba.

5.1.1 Mananciais e captação.

O SAA de Abaetetuba utiliza como fonte de produção o manancial subterrâneo. São 8 poços, porém somente 7 estão em operação (Figura 19). No bairro Francilândia estão localizados a maioria deles como pode ser observado na Figura 20.

Figura 19 - Imagens da captação por poços

a) Poço 01



b) Poço 02



c) Poço 03



d) Poço 04



e) Poço 05



f) Poço 06

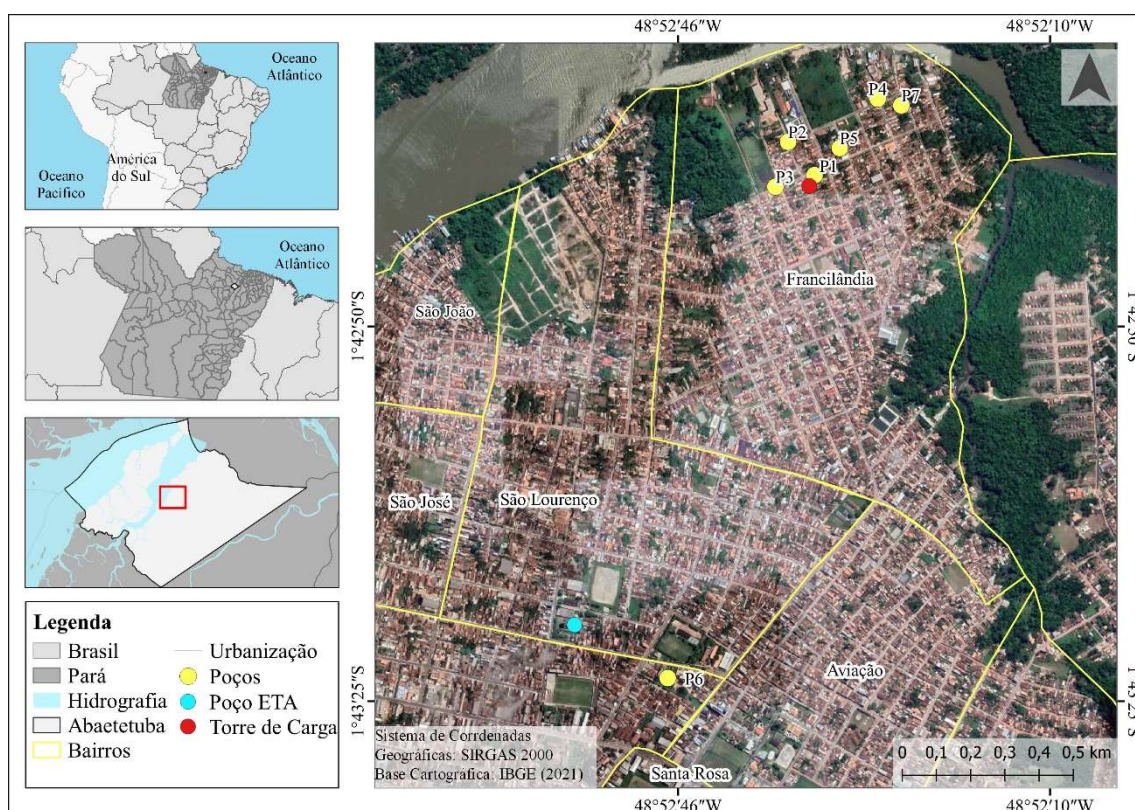


e) Poço 07



Fonte: PMSB (2017).

Figura 20 - Localização dos poços e torre de carga



Fonte: Autor (2022).

O poço da ETA está localizado no bairro centro e o poço 6 está desativado, observa-se na Figura 20. Em seguida será apresentada a Tabela 1 contendo as informações específicas sobre os poços.

Tabela 1 - Informações dos poços

POÇO	PROFUNDIDADE (M)	VAZÃO UNITÁRIA (M3/H)
1	168	120
2	152	140
3	152	120
4	152	140
5	154	140
6	159	150
7	150	140
Poço ETA	36	60

Fonte: COSANPA

5.1.2 Adutoras de água Bruta (AAB)

As adutoras de água bruta de cada poço têm suas distâncias específicas e o mesmo diâmetro de $\varnothing = 200$ mm para todas, interliga a captação à torre de carga. Seu material é o PVC-DEFOFO, pode-se observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações das adutoras de água bruta

ADUTORA	DIÂMETRO (MM)	EXTENSÃO (M)
1	200	18,00
2	200	154,00
3	200	125,00
4	200	419,00
5	200	186,00
6	200	360,00
7	200	432,00

Fonte: COSANPA

Outra adutora de água bruta interliga a torre de carga à estação de tratamento de água, funcionando como conduto forçado por gravidade com extensão de 1.955m em tubos de ferro fundido – JGS e diâmetro de 500 mm.

5.1.3 Torre de carga

A instalação da torre de carga foi definida com intuito de reunir com carga suficiente as adutoras dos poços, através do conjunto motor bomba, para que a adutora de água bruta entre a torre de carga e a estação de tratamento funcione como conduto forçado por gravidade. O volume da torre de carga é de 100 m³. Na Figura 21 observa-se a torre de carga.

Figura 21 - Torre de carga



Fonte: COSANPA (2022).

5.1.4 Adutora de água tratada – AAT

O sistema adutor é constituído de 2 adutoras, sendo uma adutora para o 1º Setor de distribuição e outra para o 2º Setor de distribuição. A AAT do 1º setor de distribuição interliga o reservatório apoiado (RA) com volume de 2.580 m³ ao reservatório elevado (RE1) com volume de 450 m³, na mesma área da estação de tratamento. Sua extensão total tem aproximadamente 47,00 m, em tubos de ferro fundido – JGS e diâmetro de 400 mm.

A AAT do 2º setor de distribuição, interligará o RA ao reservatório elevado (RE2) com volume de 830 m³. Sua extensão é de 2.334,00 m, em tubos de ferro fundido - JGS e diâmetro de 400 mm.

5.1.5 Tratamento

O tratamento feito pela COSANPA não dispõe de coagulação química em função das características da qualidade da água, e a composição do sistema é feita pela aeração para retenção de ferro dissolvido, a clarificação através de filtros de fluxo ascendente (Figura 22) e de cloração, fluoretação com aplicação ao final do tratamento (Figura 23).

Figura 22 - Filtros de fluxo ascendente



Fonte: COSANPA (2022).

Figura 23 - Reservatório de cloro gasoso



Fonte: COSANPA (2022).

O sistema de aeração (Figura 24) possui 7 bandejas com 2,5 m de largura e extensão de 11,0 m e calha de água aerada com 11,00 m. A estação de tratamento existente é composta de 16 filtros do tipo CLA-II-300, com capacidade de vazão unitária entre 50 e 60 m³/h a demanda total para fornecimento em 24 horas é de 804,25 m³/h. O sistema de lavagem dos filtros é feito pelo reservatório apoiado (RAP) de 240m³.

Figura 24 - Aerador tipo tabuleiro



Fonte: COSANPA (2022).

As características do conjunto motor bombas são:

1º Setor de distribuição:

- Número de bombas = 1 unidade + 2 reservas
- Vazão unitária = 232,10 m³/h
- Altura manométrica = 24,66 m.c.a
- Potência 30CV

2º Setor de distribuição:

- Número de bombas = 1 unidade + 2 reservas
- Vazão unitária = 247,50 m³/h
- Altura manométrica = 40,95 m.c.a
- Potência 40 CV

O conjunto moto bombas para o sistema de lavagem operam com duas bombas, sendo um para reserva e rodízio, com potência unitária de 40CV.

Figura 25 - Conjunto motor bomba do 1º setor e do 2º setor.



Fonte: PMSB (2017).

5.1.6 Reservatórios e Tanque de Contato

O volume total de reservação é de 3.860 m^3 . O volume de água necessário para lavagem dos filtros está armazenado no atual reservatório apoiado com capacidade para reservação de 240 m^3 , com autonomia para lavar 3 filtros.

Reservatório Apoiado - RA

O reservatório apoiado tem um volume total de 2.580 m^3 , volume este considerando reservação de consumo da população e volume de compensação das elevatórias de água tratada.

Tanque de contato – TC

O tanque de contato tem volume útil total de 400 m^3 e altura de 3,50m.

Figura 26 - Reservatório Apoiado e tanque de contato.



Fonte: COSANPA (2022).

Reservatório elevado – RE

Na área da estação de tratamento de água existe o RE1 (Figura 27) com capacidade de 450 m³, que abastece o 1º Setor de distribuição de água, zona central da cidade.

Figura 27 - Reservatório Elevado ETA



Fonte: COSANPA (2022).

Para abastecimento do 2º Setor de distribuição, existe o RE2 (Figura 28) com capacidade para 830 m³, localizado na Rod. João Miranda esquina com a rua Ramal do Laranjal no Bairro Cristo Redentor.

Figura 28 - Reservatório Elevado Cristo Redentor



Fonte: COSANPA (2022).

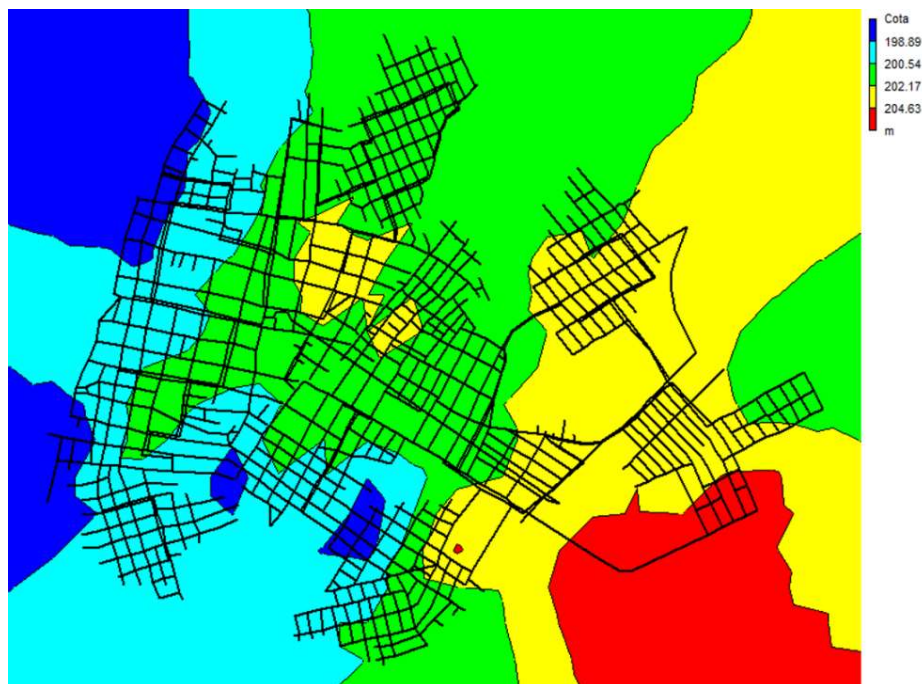
Após a caracterização do sistema, foi necessário se definir as cotas topográficas do local, especialmente as que estavam fora da área de abrangência dos dados obtidos e que não foram disponibilizadas por parte da concessionária ou prefeitura, alguns trabalhos utilizaram o mesmo método que será apresentado, Praia e Siqueira (2019) e Veiga e Franco (2020).

5.2 Cenário 1 – Cotas topográficas

De acordo com a equação ajustada a partir do gráfico da Figura 7, pode ser observado na área de estudo da pesquisa cotas topográficas que variam de 198.89 a 206.263 m uma diferença de 7.37 m, vale lembrar que essas cotas geradas a partir da equação se aproximam da realidade, mas são estimativas. Para melhor visualização das

cotas topográficas da área de estudo foi gerado no EPANET um gráfico de isolinhas (Figura 29).

Figura 29 - Gráfico de isolinhas da área de estudo.



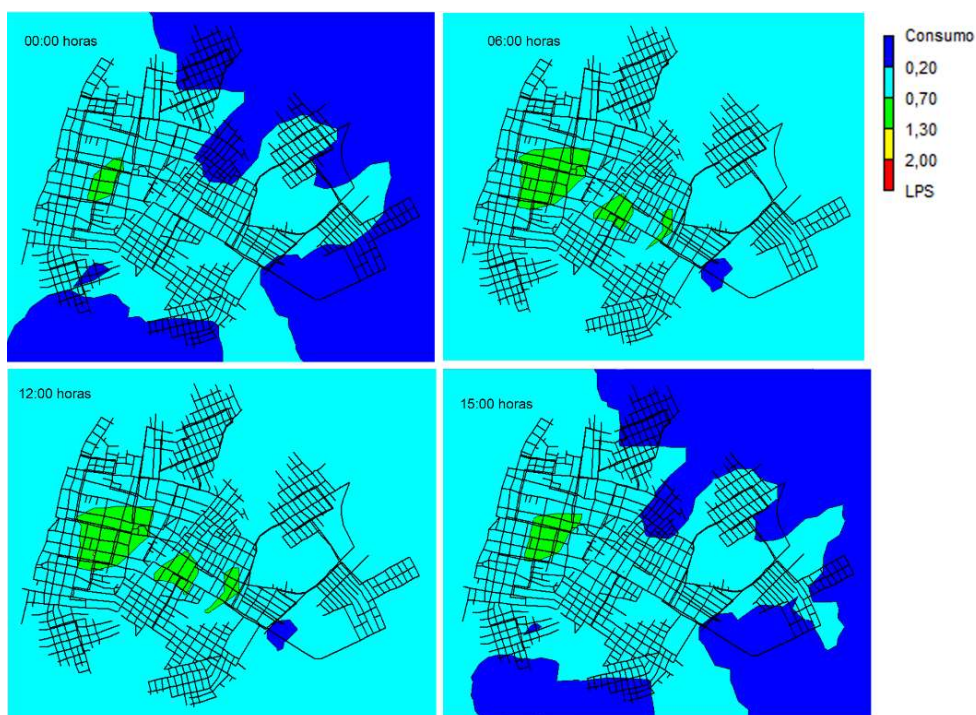
Fonte: Adaptado de EPANET 2.0.

5.3 Cenário 1 - Consumos

Para uma análise mais completa foram introduzidos valores de consumo base no EPANET 2.0, esses valores foram inseridos por tentativas e ajustes, de modo que as condições hidráulicas da rede ficassem de acordo com as recomendações da NBR 12.218/2017. Foi necessário inserir esses valores por tentativas devido os valores calculados inicialmente causarem pressões negativas na rede e velocidades abaixo da norma, dessa forma, esses valores foram inseridos manualmente de forma que as velocidades ficassem entre 0,6 e 3,5 m/s que é o recomendado.

Na Figura 30 puderam ser evidenciados resultados onde os maiores consumos foram nos bairros do centro. Essa variação ocorre devido a curva de consumo inserida.

Figura 30 - Consumos na rede de distribuição.



Fonte: Adaptado de EPANET 2.0.

5.4 Cenário 1 - Pressão

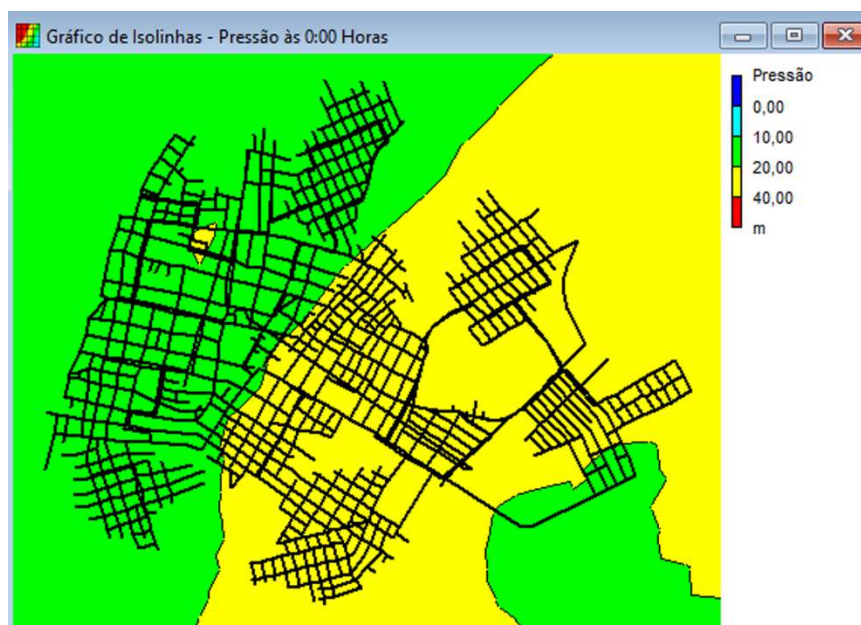
A rede de distribuição de Abaetetuba é abastecida por dois reservatórios que alimentam dois setores diferentes, quando não ocorre consumo, todos os nós da área de estudo apresentam pressões recomendadas pela norma NBR 12218/2017, porém quando o consumo aumenta gradativamente as pressões tendem a diminuir. Pode-se observar em duas situações, na Figura 31 que foi analisado dois nós distintos e na Figura 32 mostra as pressões às 00:00 horas para todos os nós. Na Figura 31 o nó n490, que está 200 metros próximo ao reservatório de 450m³ que fica na ETA, varia no decorrer das horas, ficando com valores dentro do recomendado e o nó n240 que está localizado no bairro Francilândia está mais afastado do reservatório da ETA aproximadamente 1,17 km, ele apresenta pressões abaixo da norma, principalmente, às 11 horas.

Figura 31 - variação da pressão ao longo de 24 horas nos nós n240 e n490.



Fonte: Adaptado de EPANET 2.0.

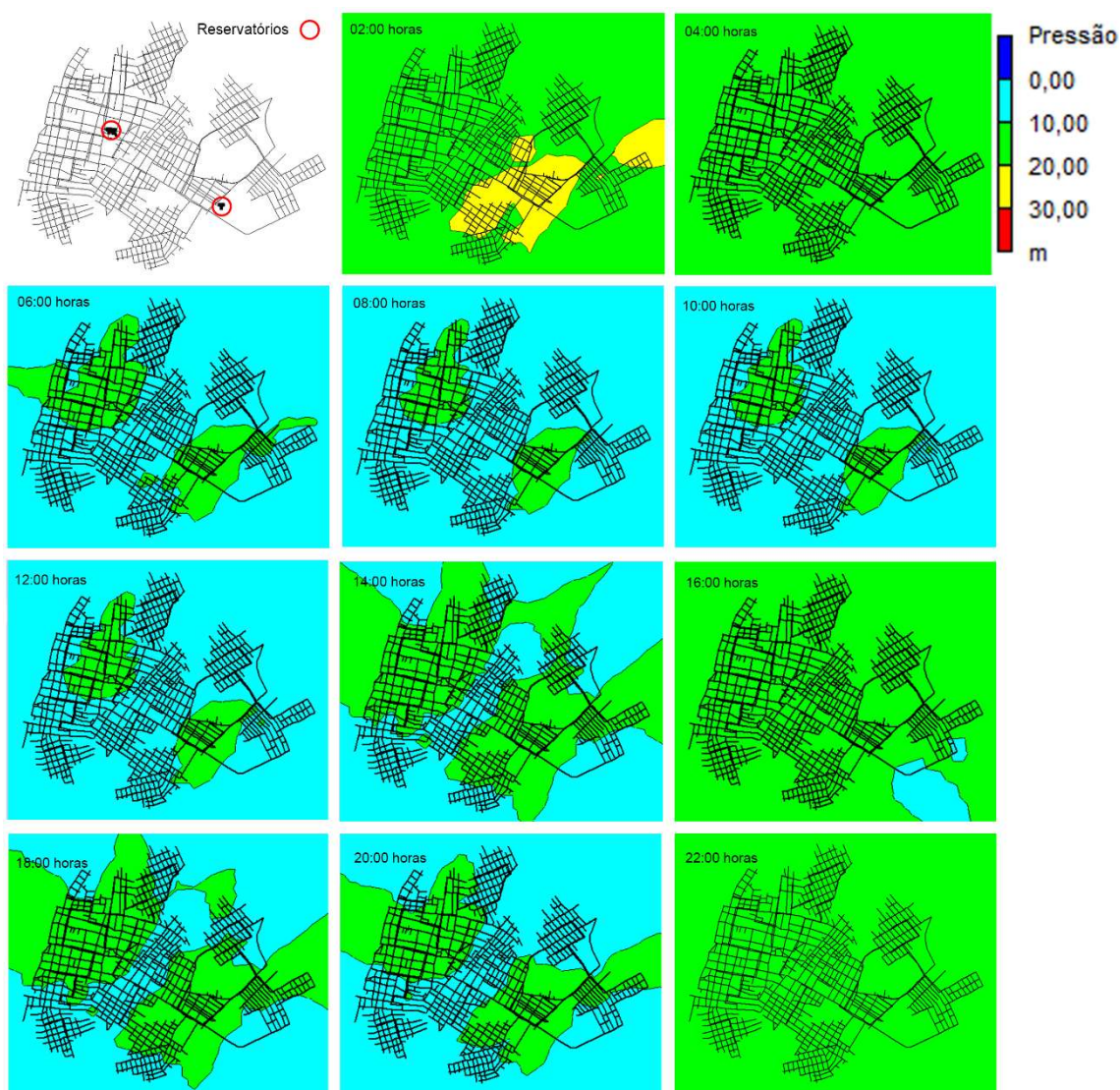
Figura 32 - Gráfico de Isolinhas à 00:00 horas.



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Tendo em vista a pressão de toda a rede de distribuição do sistema de abastecimento, verificando a simulação dinâmica de 24 horas em um intervalo de 2 em 2 horas, pode-se constatar na Figura 33 que a pressão às 02:00 horas estava variando de 10,73 até 22,77 m.c.a, às 06:00 horas quando o consumo aumenta, a variação em alguns pontos fica de 3,19 m.c.a que está abaixo do recomendado e em outros pontos a pressão fica em torno 17,36 m.c.a.

Figura 33 - Gráfico de isolinhas de 24 horas de simulação dinâmica.



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Desse modo, a área dos nós com pressão que estão segundo a norma NBR 12218/2017 (verde) quando ocorrem horários de picos ficam menores devido ao alto consumo, às 12 horas quando acontece o maior consumo a área em verde fica exposta somente nas redondezas dos reservatórios elevados, às 16:00 horas a pressão volta a subir. Segundo Barros Filho (2005) pressões baixas ocasionam alguns problemas, como a presença de ar nas tubulações que alteram a qualidade da água e dificultam as medições de hidrômetros.

Para melhorar o funcionamento da rede expandida, verificou-se que somente com os dois reservatórios atuais não seriam suficiente para alimentar a rede de abastecimento de forma que a pressão ficasse dentro da norma, fazendo com que 76,54% dos nós que

estavam mais afastados dos reservatórios, nas horas de maior consumo, ficassem com pressões abaixo do recomendado. Para resolver esse problema, foi ponderado mais dois cenários, no caso, a implantação de reservatórios e a utilização de estações pressurizadoras.

5.5 Cenário 2 - Implantação de reservatórios elevados e análise das pressões.

O primeiro cenário foi a implantação de novos reservatórios elevados. O reservatório (R1) fica localizado no bairro Algodoal, ele pressuriza o próprio bairro e parte do centro. O reservatório (R2) normalizou as pressões, de acordo com a norma, nos bairros São Sebastião e Santa Rosa, posicionado no São Sebastião. Já o reservatório (R3) está fixado no bairro Aviação, ele foi implantado com intuito de elevar as pressões nos bairros Aviação, Angélica e Mutirão. O reservatório (R4) fica situado no bairro Francilândia, pressuriza o próprio bairro e o São José. Os pontos escolhidos para inserir os reservatórios foram definidos por essas áreas apresentarem pressões abaixo do recomendado pela norma NBR12.218/2017. As características dos reservatórios podem ser observadas no Quadro 4.

Segundo Tsutiya (2006), o custo para a construção de um reservatório é elevado, porém traz consigo algumas vantagens para o sistema de abastecimento de água:

- Dispositivo de proteção contra fenômenos de despressurização na rede;
- Permite maior controle de pressão na rede;
- Reserva de água para situações de emergência.

A compreensão do dimensionamento do volume útil do reservatório, conforme Tsutiya, é padronizada. A maioria dos reservatórios elevados têm sua capacidade máxima limitada a 1.000 m³ por problemas econômicos de implantação, sendo mais comum a capacidade máxima de 500 m³.

Para a implantação dos reservatórios, foram feitos alguns cálculos para identificar as variáveis de estimativa populacional e estimativa de vazão, para então determinar os valores dos volumes em m³:

Estimativa populacional;

Para realizar a estimativa, de acordo com a Funasa (2015) diversos são os métodos aplicáveis no estudo demográfico, neste estudo destaca-se o método matemático de

projeção geométrica que considera para períodos de tempo a mesma porcentagem de aumento da população. Tsutiya (2006) afirma que o método aritmético admite que a população varie linearmente com tempo e pode ser utilizado para uma previsão populacional a curto prazo de 1 a 5 anos e quando essa previsão é feita para um período longo torna-se acentuada a discrepância com a realidade histórica. Nesse sentido, o melhor método para se utilizar no trabalho foi o geométrico.

Quadro 3 - Método de projeção populacional.

Método	Fórmula da projeção	Fórmula do Coeficiente
Projeção geométrica	$P_t = P_0 * e^{kg*(t-t_0)}$	$kg = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$

Fonte: FUNASA (2015).

Onde:

P0 e P2 = populações nos anos t0, t1, t 2;

Pt = população estimada no ano t (hab.);

Kg = coeficiente de crescimento.

Utilizando dados populacional dos três últimos censos realizados pelo IBGE no município de Abaetetuba mostrados na Tabela 3, relacionados com as fórmulas de projeção geométrica (Quadro 3) foi possível estimar a população futura considerando um horizonte de projeto de 20 anos, segundo recomendado por Gomes (2009).

Tabela 3 - Dados dos censos populacionais de Abaetetuba.

Ano	1991	2000	2010
População Urbana	56.389	70.843	82.998

Fonte: IBGE – Censo demográfico.

De acordo com os resultados obtidos através do método geométrico, adotou-se ao estudo a estimativa populacional urbana, de 133.468 habitantes em 2040. Para encontrar a população de cada área específica foi considerado o número de nós da área abastecida por cada reservatório, o total número de nós, e a população total. Feito isso utilizou regra de três simples.

Estimativa da vazão

De acordo com Tsutiya (2006), a equação 9 pode ser utilizada para o dimensionamento das vazões até a rede de distribuição, sendo uma expressão também citada por Heller e Pádua (2016).

$$Q = \frac{P * q * K1 * K2}{86400} + Q_{esp.} \quad (9)$$

Onde:

Q= Vazão de projeto (l/s);

P= População de projeção futura (hab.);

q= Consumo per capita (l/hab.dia)

K1= Coeficiente do dia de maior consumo;

K2= Coeficiente da hora de maior consumo;

Q_{esp.} = Vazão específica (indústria, comércio, etc.)

As variáveis de dimensionamento foram obtidas através de estimativas, por informações de instituições oficiais e por normas técnicas.

De acordo com Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba – PMSB (2019), consumo per capita efetivo atual do município de Abaetetuba foi estimado em 189,0 l/hab.dia. Quanto aos parâmetros K1 e K2, foram adotados os valores estabelecidos pela NBR 12218/2017 de 1,2 e 1,5; respectivamente. Tsutiya (2006) afirma que a variável Q_{esp.} é utilizada quando determinada área possui um padrão de consumo alto, como indústrias e comércio, a atual área de estudo é composta apenas por residências, portanto não é incluída no cálculo.

De acordo com Tsutiya (2006), o dimensionamento do volume útil do reservatório elevado pode ser feito através da equação 10.

Onde:

V_u = volume útil (m³);

Q = vazão (l/s).

$$V_u = \frac{Q * 86400}{30} \quad (10)$$

Após os cálculos puderam ser definidas as informações de cada reservatório, descritas no Quadro 4.

Quadro 4 - Caracterização dos reservatórios.

DADOS E INFORMAÇÕES DOS RESERVATÓRIOS ELEVADOS.				
	R1	R2	R3	R4
Volume útil (m³)	296	523	378	415
Cota do terreno (m)	199,7	200,5	202,1	202,1
Cota do fundo (m)	219,7	220,5	222,1	222,1
Cota do nível de água mínimo (m)	220,2	221,0	222,6	222,5
Cota do nível de água máximo (m)	225,2	226,0	227,6	227,6
Altura do reservatório (m)	20,0	20,0	20,0	20,0
Altura útil do reservatório (m)	5,5	5,5	5,5	5,5
Altura manométrica máxima (m)	25,5	25,5	25,5	25,5
Altura manométrica mínima (m)	20,5	20,5	20,5	20,5
Diâmetro do reservatório (m)	8,2	11,0	9,3	9,8

Fonte: Autor (2022).

Na Figura 34 é possível notar a rede com os reservatórios existentes e na Figura 35, observa-se a rede após a inserção dos quatro novos reservatórios.

Figura 34 - Rede inserida no EPANET 2.0 evidenciando os reservatórios existentes



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Figura 35 - Rede após a inserção dos quatro novos reservatórios

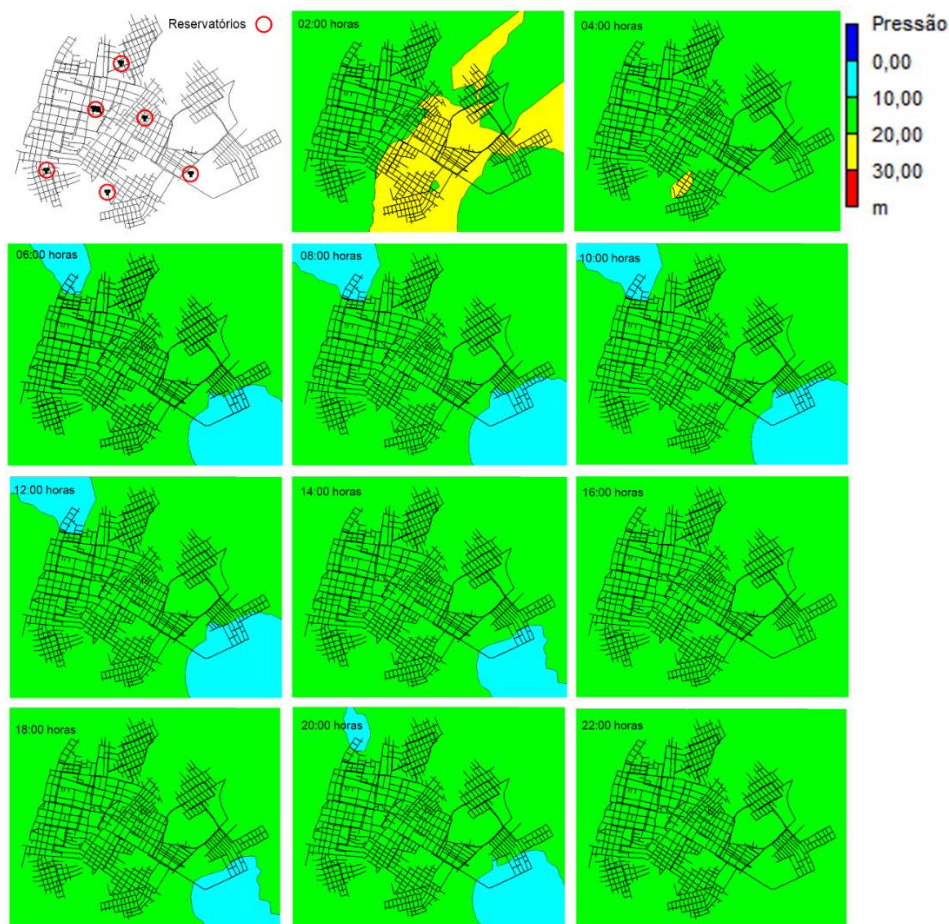


Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Após a inserção dos dois primeiros reservatórios verificou-se que a rede havia melhorado suas pressões, baseadas na norma, porém somente nos bairros Algodoal, Centro, São Sebastião e Santa Rosa, necessitando da inclusão de mais dois que atenderam os bairros Aviação, Angélica, Francilândia, Mutirão e São José, sendo dois reservatórios para cada setor.

A simulação dinâmica considerou os quatro reservatórios de alimentação pressurizando os dois setores, cada setor ficando com dois reservatórios. A Figura 36 apresenta os resultados da simulação dinâmica com variação temporal de 24 horas na rede, forma utilizados intervalos de 2 em 2 horas para mostrar nos gráfico, demonstrando resultados de pressões consistentes, variando entre 5.32 e 23.76 m.c.a. na maioria dos nós, como a norma NBR 12218/2017 preconiza. Observa-se que somente 8,54% dos nós ainda ficaram com pressões abaixo do recomendado, por estarem afastados dos reservatórios, recomenda-se que os diâmetros desses trechos sejam aumentados, pois a maioria dos trechos que ficam nos extremos possuem diâmetros mínimos equivalentes a DN 50 mm.

Figura 36 - Análise temporal das pressões após inserção dos reservatórios



Fonte: Adaptado EPANET 2.0

5.6 Cenário 3 - Implantação de estações pressurizadoras e análise das pressões.

A segunda intervenção foi a implantação de boosters na rede de distribuição de água, segundo Gouveia (2012) é viável se utilizar, pois garante altura manométrica adequada para uma vazão requerida, proporcionando melhor operação do sistema em todos os pontos de consumo da rede, garante pressões mínimas apropriada em pontos difíceis da rede. Na Figura 37 identifica-se as posições dos boosters inseridos na rede, a bomba (B3) e (B4) estão localizadas no bairro centro, os equipamentos (B5), (B6) e (B7) situam-se no bairro Cristo Redentor, já a bomba (B8) está fixada no bairro Algodão.

Figura 37 - Boosters na rede de distribuição



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

As potências das bombas inseridas no programa são mostradas no quadro abaixo:

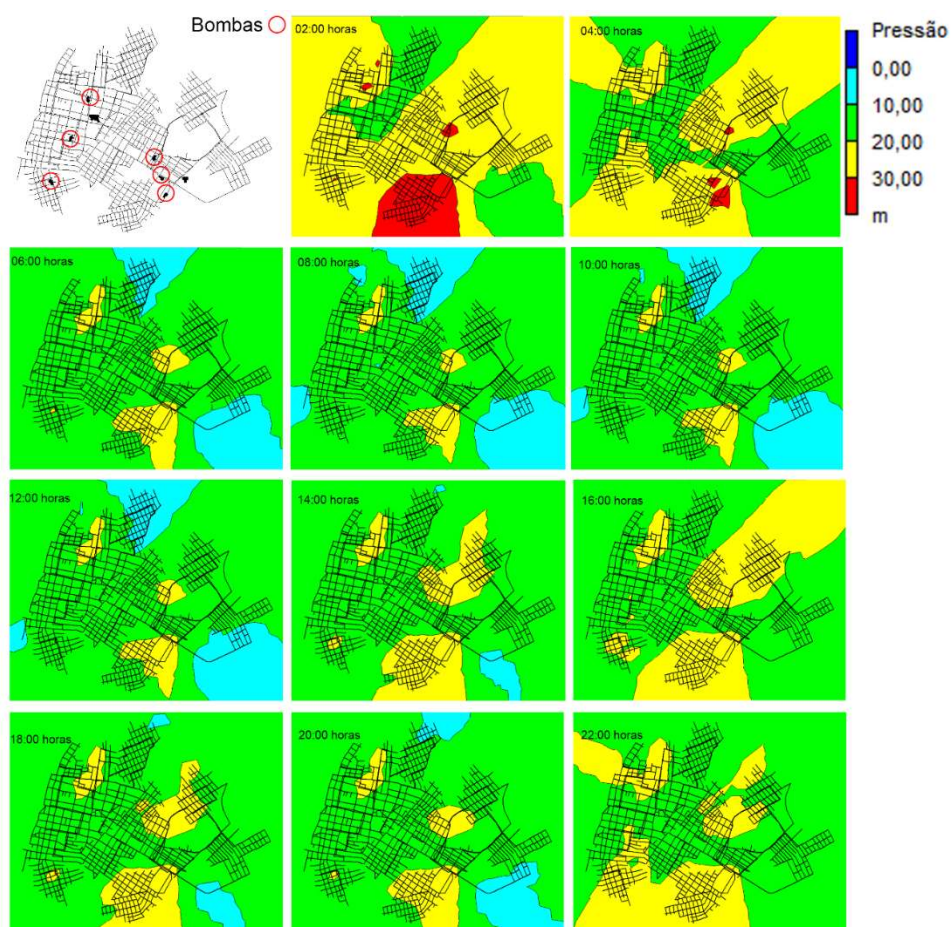
Quadro 5 – Potência das bombas.

B3	B4	B5	B6	B7	B8
30 CV	30 CV	9.5 CV	30 CV	9.5 CV	9.5 CV

Fonte: Autor (2022).

A pressão disponível da água nos nós existentes não foi suficiente para suprir a demanda dos pontos de consumo, principalmente, nos horários de maior demanda hídrica, fazendo necessária a inclusão de seis *boosters* com intuito de altear as pressões a jusante dos boosters, afim de bombear a água até às zonas de pressão bastante críticas, garantindo na maioria dos nós pressões dentro da norma e vazões adequadas nas linhas adutoras. Nota-se na Figura 38 que feita a simulação dinâmica e após a introdução dos seis equipamentos.

Figura 38 - Gráfico de isolinhas com resultados dos *boosters* sem inversor de frequência



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

A pressão disponível na rede aumentou consideravelmente às 02:00 horas, variou entre 17.57 a 34.55 m.c.a no horário que o consumo é bastante baixo, e às 12 horas quando o consumo aumenta apresentou variação de 6.01 a 28.41 m.c.a, sendo que somente 16,21% dos nós apresentou valores com pressões abaixo da norma NBR 12218/2017, e encontram-se nas extremidades.

5.6.1 Inversor de frequência

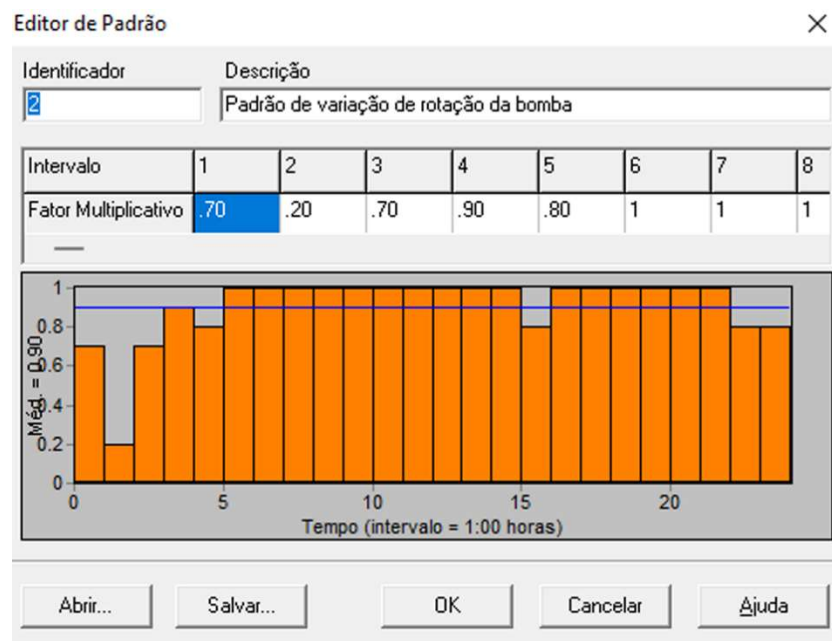
É um equipamento elétrico que produz uma variação nos valores de frequência elétrica que alimenta o motor, causando uma variação em sua rotação. De acordo com Europump e Hydraulic institute (2004) a melhor alternativa para a vazão e pressão é o controle de velocidade de rotação de bombas, de modo que velocidade de rotação diminui, a energia de consumo reduz gradualmente.

Segundo Bezerra *et al.* (2010) são muitas as vantagens de se utilizar inversores de frequência em sistemas de bombeamento, pode-se mencionar alguns deles:

- Aumento da vida útil da bomba;
- Economia de energia;
- Melhor controle de processos;
- Diminui o número de rompimentos nos condutos.

O padrão utilizado para representar o inversor de frequência foi definido de acordo com a análise dos horários em que as pressões apresentavam-se elevadas, com objetivo de reduzir os custos de operação, o padrão pode ser observado na Figura 39.

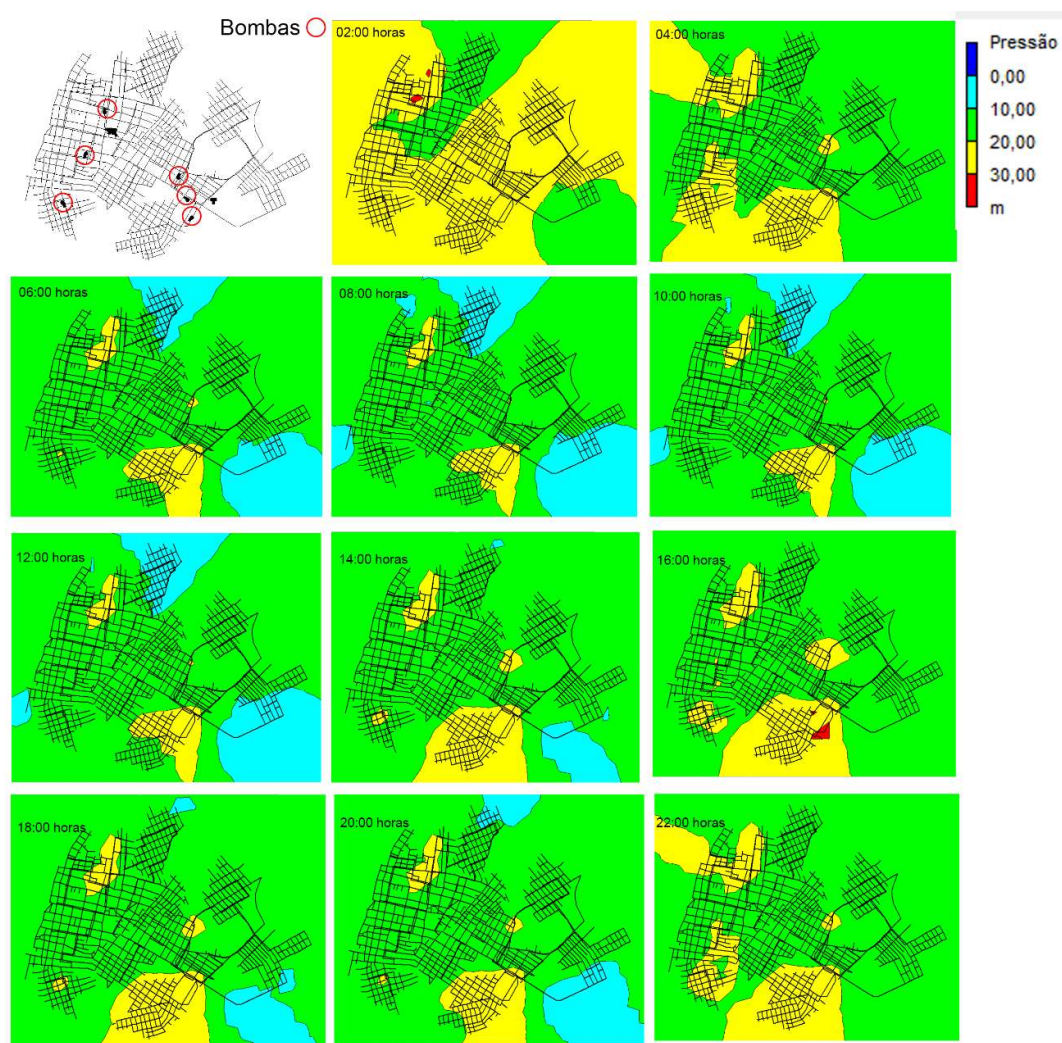
Figura 39 - Padrão de variação de rotação da bomba



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Após análise das áreas que estavam apresentando pressões elevadas desnecessariamente, introduziu-se o padrão de variação de rotação da bomba, com objetivo de reduzir o gasto de energia, principalmente, elétrica e visando melhor controle no processo. Após essa etapa, foi realizada 24 horas de simulação, mostrado na Figura 40.

Figura 40 - Gráfico de isolinhas apresentando resultados com inversor de frequência.



Fonte: Adaptado EPANET 2.0.

Os resultados da simulação foram satisfatórios pois reduziram bastante as zonas de pressão que estavam elevadas, mostrando eficiência na tecnologia de controle de velocidade de rotação de bombas.

6 CONCLUSÃO

Diante disso, através dos resultados obtidos, verificou-se que, no cenário 1, após a inserção de quatro novos reservatórios dois em cada setor, trouxeram excelentes condições de atendimento à população em relação ao ponto de vista hidráulico, pois o sistema de abastecimento apresentou melhora de 91,45 % nas pressões, vale lembrar que

inicialmente 77,43 % dos nós estavam com pressões abaixo do recomendado pela NBR 12.218/2017.

No bairro Algodual, se prevê, com base nos estudos, um reservatório de 296 m³, ele abastece o bairro Centro e o próprio bairro algodoal com pressões dentro da norma. Para normalizar as pressões, de acordo com a norma, nos bairros São Sebastião e Santa Rosa, instalou-se um reservatório de 523 m³ posicionado no bairro São Sebastião. Nos bairros Aviação, Angélica e Mutirão necessitou de um reservatório com volume de 378 m³, fixado no bairro Aviação e nos bairros Francilândia e São José um reservatório de 415 m³, a altura e altura útil de todos os reservatórios ficou com 20,0 e 5,5 m respectivamente. Contudo essa proposta, em uma eventual expansão, caso a companhia queira adotar pode tornar-se bastante onerosa devido serem reservatórios com grande estrutura.

No cenário 2, a utilização de estações pressurizadoras mostrou 83,79 % de melhora nas pressões da rede abastecimento, o menor valor de pressão na rede após a inserção dos *boosters* foi de 6.01 m.c.a, pode-se considerar que a utilização de boosters na rede de distribuição pode ser mais econômico em operação e investimento, mas necessita-se fazer um estudo viabilidade econômica de comparação dos dois cenários para poder definir essa condição. Portanto, ambos procedimentos produzirão impactos positivos no desempenho hidráulico do sistema de abastecimento de água, porém o cenário 2 mostrou-se mais viável no ponto vista técnico, logo naturalmente, contribuirá para o melhor atendimento aos usuários.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com intuito de aprimorar o modelo computacional do sistema e torná-lo mais eficiente, recomenda-se:

- Inclusão de cotas topográficas de todo o município para melhorar a simulação;
- Fazer um estudo do consumo da população de Abaetetuba para então gerar uma curva de consumo própria;
- Inclusão de dados de macromedição (medição de vazão, pressão e nível) e micromedição (volumes micromedidos, modelos de hidrômetros, relatórios de calibração dos referidos aparelhos, etc.), tais dados são importantes para fazer a calibração do modelo computacional;

- Aumentar os diâmetros de alguns trechos, pois a maioria dos trechos que ficam nos extremos possuem diâmetros mínimos equivalentes a DN 50 mm.

.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água, 2015. Disponível em:< https://www.abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf> Acesso em 04 abr. 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992a. NBR 12213 - **Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218:2017 – **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Procedimento. 2017. Rio de Janeiro.

ANDRADE SOBRINHO, R. **Gestão das perdas de água e energia em sistemas de abastecimento de água da embasa: um estudo dos fatores intervenientes na rms**. 2012. Dissertação (Mestrado em Meio ambiente, águas e saneamento.) Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2012.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 9ª edição, São Paulo, Blucher, 2015.

BARROS FILHO, M. B. B. **Desenvolvimento de sistema de geoinformação como suporte ao gerenciamento de redes de distribuição de água**. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da geoinformação. Centro de Tecnologias e Geociências - UFPE, p. 100, 2005.

BEZERRA, S. T. M.; SILVA, S. A.; GOMES, H. P. **Controle automático de pressão em sistemas de distribuição de água**. In: GOMES, H.P. **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. João Pessoa/PB: Editora Universitária - Universidade Federal da Paraíba, 2010. Cap. 1, p. 9-28.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de agua tecnologias de controle**. JOÃO PESSOA: Editora da UFPB, 2013. 220 p.

BORGES, V. M. N. A., - **Acoplamento de um modelo de previsão de demanda de água a um modelo simulador em tempo real, um estudo de caso: Sistema Metropolitano de São Paulo** – ed. rev. – São Paulo, 206 p, 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde- Fundação Nacional da Saúde- FUNASA. **Manual de Saneamento**. 4ª edição, Brasília, p. 642, il. 2015. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Mnl_Saneamento.pdf/ae1d4eb7-afe8-4e70-ae9a-0d2ae24b59ea. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

CUNHA, A. P.; PINTO, W. T. **Calibração de Modelo Hidráulico via Algoritmos Genéticos para Rede de Abastecimento de Água. Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2014.

DIUANA, F. A., OGAWA, S. C. C. P. **Análise Comparativa dos Modelos Hidráulicos Epanet, WaterCAD e Sistema UFC para Sistemas de Abastecimento de Água – Rede de Distribuição**. 2015. 105 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015.

EUROPUMP, HYDRAULIC INSTITUTE. **Variable Speed Pumping - A Guide to Successful Applications**. 1 ed, Bodmin, Cornwall, Mai, Elsevier, 2004.

FARIA, S. H., CALIJURI, M. L., OLIVEIRA, J. C. **Uso de softwares gratuitos (SPRING e EPANET) na simulação de pressão e vazão de uma rede de abastecimento de água**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal: Inpe, 2009. p. 3729- 3735.

GIUSTOLISI, O.; BERARDI, L.; LAUCELLI, D. **Modeling local water storages delivering customer demands in WDN models**. *Journal of Hydraulic Engineering*. v. 140, n. 1, 2014, p. 89-104.

GOMES, H. P. Sistema de Abastecimento de água: Dimensionamento econômico e operação de redes e elevatória. 3ed. Editora universitária/UFPB, João Pessoa, 2009. 277P.

GOMES, H. P. **Abastecimento de água**. João Pessoa, LEHNS/UFPB, p. 464, 2019.

GOMES, H. P.; FORMIGA K. T. M. **PNL2000 – Método Prático de Dimensionamento Econômico de Redes Malhadas de Abastecimento de Água**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, V. 6, n. 4, Out/Dez, 2001.

GOUVEIA, R. M. M. **Modelo computacional de otimização para dimensionamento de redes de distribuição de água abastecidas por múltiplos bombeamentos**. Tese do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica UFPB, João Pessoa, p. 187, 2012.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L.; **Abastecimento de água para consumo humano**. 3ª edição. Belo Horizonte, Editora UFMG, p. 870, 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Brasília 2010.

ISHIHARA, J. H.; FERNANDES, L. L.; LIMA, A. C. M.; DUARTE, A. A. A. M.; FARIAS, M. A. **Avaliação de métodos de dimensionamento de rede de abastecimento de água e estudo das condições de saneamento do bairro Novo Horizonte em Barcarena – PA**. Revista Traços, v. 11, n. 24. 2009.

KOPPEL, T., VASSILJEV, A. **Calibration of water distribution network for BWCN**. Water Distribution Systems Analysis. 2011, p. 1599-1609.

KURITZA, J. C. **Metodologia para Avaliação da Eficiência Energética de Sistemas de Bombeamento de Água com Velocidade de Rotação Variável**. Tese do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e saneamento Ambiental UFRGS, Porto Alegre, p. 161, 2017.

METHODS, H. User's Guide WaterCAD v8 for Windows WATERBUY CT. USA: Bentley. Press, 2007.

MOREIRA, D. D. C. **O sistema de abastecimento de água de Tucuruí: Caracterização e perspectiva histórica da gestão pública local**. 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão de recursos naturais e desenvolvimento local na Amazônia.). Núcleo de meio ambiente. Universidade Federal do Pará. Belém. 2014.

MOREIRA, T. O. M. **Gestão de perdas em redes de abastecimento de água – assistida pelo simulador EPANET**. 2011. 201p. Dissertação Universidade do Porto. Portugal. 2011.

MS – Ministério da Saúde. Portaria 2.914, de 12/12/2011. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html, acessado em 02/07/2021.

PEREIRA, J. A. R.; GOMES, D. M.; SOUZA, D. E. S. **Variação da pressão dinâmica em redes de distribuição de água com e sem setorização**. In: GOMES, H.P. **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. João Pessoa/PB: Editora Universitária - Universidade Federal da Paraíba, 2010. Cap. 10, p. 123-134.

PORTO, R. M. **hidráulica básica**. 4 ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba. **Etapas do prognóstico – 2019**. Abaetetuba, 2019.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba. **Diagnósticos dos Serviços de Saneamento - 2017**. Abaetetuba, 2017.

PRADO, M. A. F. Marcus Antonio Ferreira Prado. Depoimento [out. 2021]. Entrevistador. Maycon de Souza Batista. Abaetetuba: Universidade Federal do Pará, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Entrevista concedida para o trabalho sobre **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA - PA, COM AMPLIAÇÃO PREVISTA PELA CONCESSIONÁRIA DE ABASTECIMENTO LOCAL**.

PRAIA, G. T.; SIQUEIRA, S. A. **Proposição de projeto de um sistema de distribuição de água para dois bairros no município de Tucuruí – PA**. Trabalho de conclusão de curso em Eng. Sanitária e Ambiental, UFPA- Tucuruí, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ABAETETUBA. PREFEITURA. **Plano diretor**, 2006. Disponível em: < <https://abaetetuba.pa.gov.br/arquivos/17/PDMPA-DIGITADO.pdf> > Acessado em 15 de Julho de 2021.

QUARESMA, Madson; SOMBRA, Daniel; LEITE, Alegria; CASTRO, Carlos. **Periodização econômica de Abaetetuba (PA) a partir de sua configuração espacial**. Revista PerCursos. Florianópolis, v. 16, n.32, p. 143 – 168, set./dez. 2015.

RAMANA, G. V., Sudheer, C. V. S. S., Rajasekhar, B. **Network Analysis of Water Distribution System in Rural Areas using EPANET**. Procedia Engineering, v. 119, n. 1, p. 496–505, 2015.

ROSSMAN, L. A. EPANET2: User's manual. U. S. Environment Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA. 2008.

SALVINO, M. M. **Modelagem computacional visando a reabilitação de redes hidráulicas**. 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012. 166 p.

SAMPAIO, P. V. M. **Métodos para dimensionamento de redes de água**. Trabalho de conclusão de curso da Divisão de Engenharia e infraestrutura Aeronáutica, ITA, 2005.

- SAYYED, M. A. H. A., GUPTA, R., TANYIMBOH, T. T., **Modelling Pressure Deficient Water Distribution Networks in EPANET**. Procedia Engineering, v. 89, n. 2, p. 626–631, 2014
- SHEN, H., MCBEAN, E., 2011. **Hydraulic calibration for a small water distribution network**. Water Distribution Systems Analysis 2010. 2011, p. 1545-1557.
- SILVA, J. H. F. **Exploração das potencialidades do programa Epanet na simulação hidráulica de sistemas de abastecimento de água**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008. 76 p.
- SILVA, C. O. **Modelagem de rede de distribuição de água com ênfase no controle de perdas**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, UFPB, João Pessoa-PB, 2014.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – 2020**. Brasília, 2021.
- SOARES, A. K. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão**. São Carlos, 2003. 153 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.
- VEIGA, C. A., FRANCO, L. N., **Simulação Computacional De Redes De Distribuição De Água: Propostas Para Três Bairros Do Município De Tucuruí-Pa**. Trabalho de conclusão de curso em Eng. Sanitária e Ambiental, UFPA- Tucuruí, 2020.

8 APÊNDICE A

Tabela 4 - Características dos trechos e nós

Trecho	L (m)	DN (mm)	Nós	Cotas	Consumo Base
p1	261.5	50	n1	202.172	0.35
p2	45.84	100	n2	203.8084	0.90
p3	190.3	75	n3	203.8084	0.35
p4	51.43	100	n4	203.8084	0.35
p5	259.5	50	n5	203.8084	0.35
p6	53.29	100	n6	202.9902	0.35
p7	50.58	100	n7	203.8084	0.35
p8	52.73	100	n8	203.8084	0.35
p9	50.58	100	n9	203.8084	0.35
p10	52.66	100	n10	203.8084	0.35
p11	258.2	50	n11	202.9902	0.35
p12	275.5	50	n12	202.9902	0.35
p13	350.9	50	n13	202.9902	0.35
p14	265.00	75	n14	202.9902	0.35
p15	113.5	75	n15	203.8084	0.20
p16	112.8	75	n16	203.8084	0.20
p17	68.12	75	n17	203.8084	0.20
p18	115	75	n18	203.8084	0.20
p19	17.07	75	n19	202.9902	0.20
p20	69.02	75	n20	202.9902	0.20
p21	74.41	75	n21	202.9902	0.20
p22	93.95	50	n22	202.9902	0.20
p23	158.2	50	n23	202.9902	0.20
p24	145.6	50	n24	203.8084	0.20
p25	48.41	50	n25	202.172	0.20
p26	66.53	50	n26	202.172	0.20
p27	74.09	100	n27	202.172	0.20
p28	154.8	50	n28	202.172	0.20
p29	147.9	50	n29	202.172	0.20
p30	30.41	50	n30	202.172	0.20

p31	33.14	50	n31	202.172	0.20
p32	72.34	75	n32	202.9902	0.20
p33	81.55	75	n33	202.9902	0.35
p34	70.34	75	n34	202.9902	0.35
p35	70.32	75	n35	202.9902	0.35
p36	155.9	100	n36	202.172	0.20
p37	253.2	100	n37	202.172	0.20
p38	212.9	100	n38	202.172	0.20
p39	255.8	100	n39	202.172	0.35
p40	84.31	50	n40	202.172	0.20
p41	219.1	100	n41	202.172	0.20
p42	152.8	50	n42	202.172	0.20
p43	149.5	50	n43	202.172	0.20
p44	141.4	150	n44	202.172	0.20
p45	19.26	50	n45	204.6266	0.20
p46	142.8	50	n46	202.172	0.35
p47	71.69	150	n47	202.172	0.20
p48	131.4	50	n48	201.3538	0.20
p49	143.2	50	n49	201.3538	0.20
p50	153.2	50	n50	202.172	0.20
p51	71.48	100	n51	202.172	0.35
p52	155.2	50	n52	202.172	0.20
p53	73.5	50	n53	202.172	0.20
p54	152	100	n54	201.3538	0.20
p55	69.29	50	n55	202.9902	0.35
p56	157.4	50	n56	202.172	0.35
p57	71.24	50	n58	202.172	0.20
p58	154.4	50	n59	202.172	0.20
p59	72.04	100	n60	202.9902	0.35
p60	153.8	50	n61	204.6266	0.20
p61	151.7	50	n62	204.6266	0.20
p62	70.77	50	n63	202.172	0.1
p63	101.3	50	n64	204.6266	0.19
p64	146.7	50	n65	202.172	0.35
p65	68.81	50	n66	202.9902	0.35
p66	75.3	75	n67	202.9902	0.35
p67	152.3	50	n68	202.172	0.35
p68	70.65	100	n69	202.172	0.2
p69	145.8	50	n70	204.6266	0.19
p70	70.16	150	n72	204.6266	0.35
p71	144.5	50	n73	204.6266	0.35
p72	68.22	75	n74	202.172	0.35
p73	149.6	150	n75	202.172	0.20

p74	72.69	100	n76	201.3538	0.35
p75	151.7	50	n77	202.9902	0.35
p76	72.05	150	n78	202.9902	0.35
p77	155	50	n79	202.9902	0.35
p78	69.72	100	n80	202.9902	0.35
p79	148.5	50	n81	202.172	0.35
p80	63.9	100	n82	202.172	0.20
p81	81.01	100	n83	202.172	0.20
p82	152.8	50	n84	202.172	0.20
p83	70.75	75	n85	201.3538	0.20
p84	140.5	50	n86	201.3538	0.20
p85	72.15	50	n87	201.3538	0.20
p86	139.7	150	n88	201.3538	0.20
p87	73.63	75	n89	202.9902	0.35
p88	75.99	100	n90	201.3538	0.35
p89	149.1	150	n91	202.172	0.35
p90	29.31	100	n92	202.172	0.35
p91	71.4	100	n93	203.8084	0.35
p92	70.4	100	n94	203.8084	0.35
p93	151.8	100	n95	203.8084	0.35
p94	69.98	100	n96	203.8084	0.35
p95	71.17	50	n97	203.8084	0.35
p96	152.6	50	n98	203.8084	0.35
p97	140.8	100	n99	203.8084	0.35
p98	71.57	75	n100	203.8084	0.35
p99	155.2	150	n101	202.9902	0.35
p100	70.8	100	n102	202.9902	0.35
p101	154.6	100	n104	202.172	0.35
p102	63.04	100	n106	203.8084	0.20
p103	120.3	150	n107	203.8084	0.5
p104	52.17	50	n108	203.8084	0.35
p105	52.31	50	n109	203.8084	0.35
p106	100.8	50	n110	203.8084	0.20
p107	71.23	50	n111	203.8084	0.35
p108	73.25	50	n112	203.8084	0.35
p109	152.1	50	n113	201.3538	0.35
p110	86.26	50	n116	202.172	0.35
p111	227.9	50	n118	203.8084	0.35
p112	81.3	50	n119	204.6266	0.35
p113	143.2	100	n120	203.8084	0.35
p114	155.7	50	n124	202.172	0.35
p115	53.43	100	n125	202.172	0.35
p116	75.65	100	n127	204.6266	0.35

p117	65.89	100	n128	204.6266	0.35
p118	83.62	100	n129	201.3538	0.35
p119	71.94	100	n130	201.3538	0.35
p120	41.36	50	n131	201.3538	0.35
p121	64.29	100	n132	202.172	0.35
p122	7.709	100	n133	202.172	0.35
p123	108.3	50	n135	202.172	0.35
p124	48.99	50	n136	202.172	0.35
p125	49.95	100	n137	204.6266	0.35
p126	25.86	50	n138	206.263	0.20
p127	155.1	100	n139	204.6266	0.20
p128	78.24	100	n140	204.6266	0.35
p129	229.2	50	n142	202.172	0.35
p130	80.66	50	n143	202.172	0.35
p131	43.9	100	n144	201.3538	0.35
p132	17.22	100	n145	201.3538	0.35
p133	63.7	100	n146	202.172	0.35
p134	18.72	50	n147	202.172	0.35
p135	49.63	150	n148	201.3538	0.35
p136	39.57	50	n150	201.3538	0.35
p137	111.5	150	n151	201.3538	0.35
p138	21.93	50	n152	202.172	0.90
p139	151.4	50	n153	202.172	0.35
p140	73.31	50	n154	202.172	0.35
p141	208.8	50	n155	202.172	0.35
p142	74.9	100	n158	201.3538	0.35
p143	76.23	100	n159	201.3538	0.35
p144	74.68	100	n160	201.3538	0.35
p145	73.73	50	n161	201.3538	0.35
p146	187	50	n162	201.3538	0.35
p147	167.9	50	n163	201.3538	0.35
p148	71.69	50	n164	201.3538	0.35
p149	129.8	100	n165	201.3538	0.35
p150	70.64	100	n166	201.3538	0.35
p151	152.3	50	n167	200.5356	0.35
p152	71.13	50	n168	200.5356	0.90
p153	62.29	50	n169	202.172	0.90
p154	64.45	150	n170	201.3538	0.90
p155	69.99	50	n171	201.3538	0.35
p156	74.52	50	n172	201.3538	0.35
p157	152.8	50	n173	202.172	0.90
p158	153.5	50	n175	201.3538	0.20
p159	125.4	50	n176	201.3538	0.35

p160	36.36	150	n177	201.3538	0.35
p161	100	150	n178	201.3538	0.35
p162	166.5	50	n179	200.5356	0.35
p163	371	50	n180	200.5356	0.90
p164	94.36	50	n181	200.5356	0.35
p165	149.4	150	n182	200.5356	0.20
p166	20.67	150	n184	201.3538	0.90
p167	92.03	150	n185	201.3538	0.35
p168	54.01	250	n186	201.3538	0.35
p169	124.6	50	n187	200.5356	0.35
p170	72.08	50	n189	201.3538	0.35
p171	73.03	50	n190	200.5356	0.35
p172	147	50	n191	200.5356	0.90
p173	123.8	50	n192	200.5356	0.35
p174	114.9	50	n193	200.5356	0.35
p175	123.4	50	n194	200.5356	0.35
p176	102.8	150	n195	200.5356	0.35
p177	36.5	50	n196	202.172	0.35
p178	36.78	150	n197	202.172	0.35
p179	99.97	50	n198	202.172	0.35
p180	159.1	150	n199	202.172	0.35
p181	89.08	100	n201	202.172	0.35
p182	156.5	50	n202	202.172	0.35
p183	7.212	150	n203	202.172	0.35
p184	151.3	150	n204	202.172	0.35
p185	158.9	50	n205	202.172	0.35
p186	59.18	50	n206	200.5356	0.20
p187	157.9	150	n207	202.172	0.35
p188	100.8	50	n208	202.172	0.35
p189	71.34	150	n209	202.172	0.35
p190	51.55	50	n210	202.172	0.35
p191	71.94	50	n211	202.172	0.35
p192	90	50	n212	202.172	0.35
p193	25.91	200	n213	202.172	0.35
p194	48.36	150	n214	202.172	0.35
p195	105.2	200	n215	202.172	0.35
p196	87.55	200	n216	202.172	0.35
p197	142.5	150	n217	202.172	0.20
p198	101.2	100	n218	202.172	0.20
p199	93.56	100	n219	202.172	0.35
p200	140.8	50	n220	202.172	0.35
p201	15.96	50	n221	202.172	0.35
p202	94.86	50	n222	202.172	0.90

p203	159.1	50	n223	203.8084	0.35
p204	99.63	50	n224	201.3538	0.35
p205	158	50	n225	201.3538	0.35
p206	157.8	50	n226	201.3538	0.20
p207	52.1	100	n227	201.3538	0.20
p208	136.2	50	n228	201.3538	0.20
p209	51.15	50	n229	201.3538	0.20
p210	73.53	50	n230	201.3538	0.20
p211	133.8	50	n231	201.3538	0.20
p212	16.67	50	n232	201.3538	0.20
p213	155.8	150	n233	200.5356	0.20
p214	51.43	100	n234	200.5356	0.20
p215	290.7	50	n235	200.5356	0.20
p216	100.1	250	n236	200.5356	0.20
p217	106.1	200	n237	200.5356	0.35
p218	93.66	200	n238	201.3538	0.35
p219	57.88	200	n239	201.3538	0.35
p220	274.4	50	n240	202.172	0.35
p221	275.1	50	n241	202.172	0.35
p222	277.7	150	n242	202.172	0.35
p223	120.2	50	n243	201.3538	0.35
p224	72.57	50	n244	201.3538	0.35
p225	75.3	50	n245	201.3538	0.35
p226	120.5	50	n246	202.172	0.20
p227	74.92	50	n247	202.172	0.35
p228	120.3	50	n248	202.172	0.35
p229	129.6	50	n249	202.172	0.20
p230	25.92	200	n250	202.172	0.35
p231	48.14	200	n251	202.172	0.20
p232	30.78	50	n252	202.172	0.35
p233	101.5	50	n253	202.172	0.35
p234	35.61	50	n255	202.172	0.35
p235	74.8	200	n256	202.172	0.35
p236	75.17	50	n259	202.172	0.20
p237	52.92	50	n260	202.172	0.20
p238	73.32	50	n261	202.172	0.20
p239	123.7	50	n262	202.172	0.20
p240	75.86	50	n263	202.172	0.20
p241	108.8	50	n264	202.172	0.20
p242	36.67	50	n265	202.172	0.35
p243	110.6	200	n266	202.172	0.20
p244	117.8	50	n267	202.172	0.20
p245	72.15	50	n268	202.172	0.20

p246	6.243	200	n269	202.172	0.20
p247	124.4	50	n270	202.172	0.20
p248	100.3	50	n271	202.172	0.4
p249	58.72	50	n272	202.172	0.5
p250	40.21	100	n273	202.172	0.20
p251	47	100	n274	202.172	0.20
p252	64.33	50	n275	201.3538	0.20
p253	103.3	50	n276	202.172	0.20
p254	98.46	200	n277	201.3538	0.20
p255	61.39	200	n278	201.3538	0.20
p256	39.53	50	n280	201.3538	0.20
p257	63.64	50	n281	201.3538	0.20
p258	63.01	50	n282	201.3538	0.20
p259	83.49	50	n283	201.3538	0.2
p260	124.2	50	n284	202.172	0.35
p261	60.98	50	n286	202.172	0.20
p262	68.34	100	n287	201.3538	0.20
p263	61.96	100	n288	201.3538	0.20
p264	36.71	50	n289	201.3538	0.20
p265	166.3	50	n290	202.172	0.20
p266	116.5	75	n291	201.3538	0.20
p267	188.4	75	n293	201.3538	0.20
p268	20.56	75	n294	202.172	0.3
p269	105.8	100	n295	202.172	0.20
p270	17.43	100	n296	202.172	0.20
p271	31.57	50	n297	202.172	0.35
p272	89.27	50	n298	199.7174	0.20
p273	45.79	50	n299	199.7174	0.20
p274	56.88	200	n300	199.7174	0.20
p275	42.48	50	n301	202.172	0.20
p276	145.5	50	n302	202.172	0.20
p277	44.62	50	n303	202.172	0.35
p278	51.43	50	n304	200.5356	0.20
p279	46.57	50	n305	201.3538	0.20
p280	97.81	150	n306	201.3538	0.20
p281	44.88	75	n307	202.172	0.20
p282	168.7	75	n308	200.5356	0.20
p283	70.6	50	n310	200.5356	0.20
p284	72.66	75	n311	202.172	0.20
p285	102.6	150	n312	200.5356	0.20
p286	45.31	150	n313	200.5356	0.20
p287	21.2	150	n314	200.5356	0.20
p288	79.57	150	n315	200.5356	0.20

p289	73.5	50	n316	201.3538	0.20
p290	113.6	75	n317	201.3538	0.20
p291	72.06	150	n318	201.3538	0.20
p292	113	75	n319	201.3538	0.20
p293	68.83	150	n320	201.3538	0.20
p294	62.66	50	n321	201.3538	0.20
p295	66.34	150	n322	200.5356	0.20
p296	70.96	50	n323	201.3538	0.35
p297	44.47	50	n324	201.3538	0.20
p298	111.9	50	n325	202.172	0.35
p299	70.16	100	n327	201.3538	0.35
p300	114.1	100	n328	201.3538	0.35
p301	72.1	150	n329	200.5356	0.35
p302	122.7	200	n330	200.5356	0.35
p303	112.2	50	n332	200.5356	0.35
p304	113.2	50	n333	200.5356	0.35
p305	110.9	50	n334	201.3538	0.35
p306	71.67	50	n335	201.3538	0.20
p307	112.6	50	n336	201.3538	0.35
p308	70.22	50	n339	202.172	0.35
p309	73.35	50	n340	202.172	0.20
p310	69.41	50	n342	201.3538	0.35
p311	110	75	n343	201.3538	0.20
p312	111.6	75	n344	200.5356	0.35
p313	112.6	75	n345	199.7174	0.35
p314	71.93	50	n346	199.7174	0.35
p315	80.47	150	n347	202.9902	0.35
p316	72.26	75	n348	202.9902	0.35
p317	112.1	50	n349	200.5356	0.35
p318	74.37	50	n350	200.5356	0.35
p319	114.3	50	n351	200.5356	0.35
p320	72.4	75	n352	200.5356	0.35
p321	72.35	75	n353	200.5356	0.35
p322	111.9	50	n354	200.5356	0.35
p323	71.99	50	n355	201.3538	0.35
p324	110.1	50	n356	201.3538	0.35
p325	73.21	50	n357	200.5356	0.35
p326	112.1	50	n358	200.5356	0.35
p327	112.7	50	n359	200.5356	0.35
p328	74.91	50	n360	200.5356	0.35
p329	107.4	50	n361	199.7174	0.35
p330	7.825	150	n362	200.5356	0.35
p331	66.6	150	n363	202.172	0.35

p332	30.53	150	n364	202.172	0.35
p333	106.6	150	n365	202.172	0.35
p334	27.9	150	n366	202.172	0.35
p335	52.39	150	n367	202.172	0.35
p336	32.68	150	n368	202.9902	0.35
p337	61.36	100	n370	202.9902	0.35
p338	69.39	75	n371	202.9902	0.35
p339	110.8	100	n373	203.8084	0.35
p340	70.2	50	n374	201.3538	0.35
p341	73.7	50	n375	201.3538	0.35
p342	113.1	50	n376	203.8084	0.35
p343	73.83	75	n378	201.3538	0.35
p344	26.84	150	n380	201.3538	0.35
p345	80.08	150	n381	201.3538	0.89
p346	54.53	75	n382	201.3538	0.35
p347	62.14	50	n383	202.172	0.35
p348	67.34	50	n384	202.172	0.35
p349	108.1	50	n385	202.172	0.35
p350	14.8	75	n386	200.5356	0.20
p351	28.27	50	n387	200.5356	0.5
p352	104	75	n388	200.5356	0.35
p353	107.9	50	n389	202.172	0.35
p354	59.26	50	n390	201.3538	0.20
p355	72.27	75	n391	201.3538	0.95
p356	70.34	75	n392	200.5356	0.35
p357	111	50	n394	200.5356	0.95
p358	112.5	50	n395	200.5356	0.2
p359	32.14	50	n396	199.7174	0.2
p360	75.13	50	n397	201.3538	0.5
p361	73.07	75	n398	198.8992	0.35
p362	113	75	n400	199.7174	0.35
p363	70.54	75	n401	199.7174	0.35
p364	112.8	50	n402	199.7174	0.35
p365	112.4	50	n403	199.7174	0.25
p366	70.54	50	n404	199.7174	0.2
p367	52.99	75	n405	201.3538	0.6
p368	71.87	50	n407	198.8992	0.35
p369	111.3	75	n408	199.7174	0.20
p370	71.43	75	n410	199.7174	0.4
p371	114	50	n411	198.8992	0.35
p372	72.46	50	n412	198.081	0.35
p373	112.2	50	n413	198.081	0.35
p374	74.11	75	n414	198.081	0.35

p375	112.9	50	n415	198.8992	0.4
p376	71.62	50	n416	198.8992	0.259
p377	112.6	50	n417	198.8992	0.5
p378	70.47	75	n419	198.8992	0.35
p379	112.4	50	n420	198.8992	0.35
p380	73.07	50	n421	198.8992	0.35
p381	179.5	50	n422	198.8992	0.35
p382	89.69	50	n423	198.081	0.30
p383	71.37	75	n424	198.081	0.35
p384	112.6	75	n425	198.081	0.35
p385	72.19	50	n426	198.081	0.35
p386	111	50	n427	198.081	0.35
p387	110.7	75	n428	198.081	0.35
p388	69.98	50	n429	199.7174	0.35
p389	111.5	75	n430	199.7174	0.35
p390	111.5	150	n431	198.081	0.35
p391	69.83	50	n433	198.081	0.35
p392	71.22	75	n435	201.3538	0.35
p393	115.7	75	n436	201.3538	0.5
p394	33.28	75	n437	199.7174	0.35
p395	101.7	50	n438	199.7174	0.35
p396	78.05	50	n439	199.7174	0.35
p397	73.95	50	n440	199.7174	0.89
p398	71.23	150	n441	199.7174	0.89
p399	71.62	150	n442	199.7174	0.89
p400	35.45	150	n443	199.7174	0.35
p401	33.84	150	n444	199.7174	0.89
p402	26.1	150	n445	201.3538	0.89
p403	21.58	50	n446	201.3538	0.35
p404	85.06	50	n447	203.8084	0.35
p405	112.2	50	n448	202.172	0.35
p406	72.11	50	n449	202.172	0.35
p407	71.87	50	n450	202.172	0.35
p408	73.81	50	n451	202.172	0.90
p409	110.1	100	n452	202.172	0.45
p410	0	50	n453	202.172	0.90
p411	71.66	75	n454	201.3538	0.90
p412	112.9	75	n455	201.3538	0.90
p413	111.7	100	n456	201.3538	0.5
p414	112	50	n457	201.3538	0.35
p415	113	50	n458	200.5356	0.20
p416	112.3	100	n459	200.5356	0.35
p417	69.36	100	n460	201.3538	0.35

p418	83.13	50	n462	201.3538	0.35
p419	54.49	50	n463	201.3538	0.35
p420	71.26	50	n464	201.3538	0.35
p421	106.5	50	n465	201.3538	0.35
p422	70.97	50	n466	201.3538	0.35
p423	34.5	50	n467	201.3538	0.35
p424	135.5	50	n468	201.3538	0.35
p425	94.51	150	n471	202.172	0.35
p426	105.5	150	n472	202.172	0.35
p427	117.8	150	n474	201.3538	0.35
p428	169	50	n475	202.172	0.20
p429	80.44	50	n476	201.3538	0.35
p430	115.4	50	n477	202.172	0.35
p431	82.42	150	n478	201.3538	0.35
p432	97.25	50	n479	201.3538	0.35
p433	75.18	50	n480	201.3538	0.35
p434	109.4	150	n481	201.3538	0.35
p435	134.7	150	n483	201.3538	0.35
p436	103.9	150	n484	201.3538	0.35
p437	169.1	50	n485	201.3538	0.35
p438	43.33	150	n486	201.3538	0.89
p439	117.7	50	n487	201.3538	0.89
p440	53	150	n488	202.172	0.89
p441	223.6	150	n489	202.172	0.89
p442	113.2	50	n490	202.172	0.89
p443	118	150	n491	202.172	0.89
p444	225.2	150	n492	200.5356	0.89
p445	115.7	50	n493	199.7174	0.95
p446	26.47	50	n495	200.5356	0.89
p447	342.6	50	n497	199.7174	0.89
p448	84.75	200	n499	200.5356	0.35
p449	72.9	50	n500	200.5356	0.35
p450	125.6	50	n501	199.7174	0.35
p451	32.15	50	n502	199.7174	0.35
p452	68.24	50	n503	200.5356	0.35
p453	130.5	50	n504	200.5356	0.35
p454	205.1	75	n505	199.7174	0.35
p455	133	200	n506	199.7174	0.35
p456	99.48	200	n507	199.7174	0.35
p457	192.8	75	n508	199.7174	0.35
p458	111.7	50	n509	199.7174	0.35
p459	215.9	50	n510	199.7174	0.35
p460	110.6	75	n511	199.7174	0.35

p461	115.9	250	n512	199.7174	0.89
p462	212.1	50	n513	199.7174	0.89
p463	129	250	n514	199.7174	0.89
p464	102.4	75	n515	199.7174	0.95
p465	198.4	250	n516	199.7174	0.89
p466	56.88	150	n517	200.5356	0.89
p467	33.45	150	n518	201.3538	0.89
p468	136.9	50	n519	201.3538	1.1
p469	82.89	50	n520	201.3538	0.35
p470	76.26	50	n521	201.3538	0.35
p471	32.38	50	n522	200.5356	0.35
p472	82.11	75	n524	201.3538	0.35
p473	95.61	50	n525	201.3538	0.35
p474	92.67	75	n526	201.3538	0.35
p475	185.5	50	n527	201.3538	0.35
p476	131.6	50	n528	200.5356	0.35
p477	101.1	50	n529	200.5356	0.35
p478	83.72	150	n530	200.5356	0.35
p479	39.3	50	n531	200.5356	0.35
p480	104.2	50	n532	200.5356	0.35
p481	18.03	50	n534	200.5356	0.35
p482	104.5	50	n535	200.5356	0.35
p483	55.62	50	n536	201.3538	0.89
p484	72.04	50	n537	201.3538	0.89
p485	74.81	50	n538	201.3538	0.35
p486	195.7	150	n539	201.3538	0.35
p487	129.9	50	n541	201.3538	0.89
p488	89.25	50	n544	201.3538	0.35
p489	110.9	50	n545	198.8992	0.35
p490	70.84	50	n546	199.7174	0.35
p491	73.76	50	n547	199.7174	0.35
p492	73.32	50	n548	198.8992	0.35
p493	114.8	50	n549	201.3538	0.89
p494	117.6	50	n550	198.081	0.35
p495	125.7	100	n551	198.081	0.35
p496	88.45	100	n552	198.081	0.35
p497	75.48	50	n553	198.8992	0.35
p498	95.84	50	n554	198.8992	0.35
p499	72.04	50	n555	198.8992	0.35
p500	104.9	50	n556	198.8992	0.35
p501	78.54	100	n557	198.081	0.35
p502	115.5	100	n558	198.8992	0.35
p503	45.78	50	n559	198.8992	0.35

p504	128.7	50	n560	198.8992	0.35
p505	123	50	n561	200.5356	0.35
p506	18.33	75	n562	200.5356	0.90
p507	98.49	75	n564	200.5356	0.35
p508	35.5	75	n565	200.5356	0.90
p509	119.9	50	n567	200.5356	0.35
p510	40.7	50	n568	201.3538	0.90
p511	75.59	75	n569	201.3538	0.90
p512	216.4	75	n570	200.5356	0.90
p513	231.9	50	n572	200.5356	0.35
p514	88.58	50	n573	200.5356	0.35
p515	224	50	n574	199.7174	0.35
p516	231.6	50	n575	200.5356	0.35
p517	161.6	100	n576	200.5356	0.35
p518	93.95	50	n577	200.5356	0.35
p519	13.1	50	n578	200.5356	0.35
p520	83.08	50	n579	200.5356	0.35
p521	227.1	100	n580	200.5356	0.35
p522	226.2	100	n581	200.5356	0.35
p523	231.1	100	n582	199.7174	0.35
p524	150.9	50	n583	199.7174	0.35
p525	108.8	50	n584	199.7174	0.90
p526	257.6	100	n585	199.7174	0.2
p527	158.9	50	n586	199.7174	0.35
p528	86.7	50	n587	200.5356	0.35
p529	311	100	n588	200.5356	0.35
p530	143.1	150	n589	200.5356	0.35
p531	105.1	50	n590	199.7174	0.35
p532	75.36	50	n591	200.5356	0.35
p533	47.7	50	n592	199.7174	0.35
p534	79.08	50	n593	200.5356	0.35
p535	75.71	50	n594	201.3538	0.35
p536	77.16	50	n595	199.7174	0.35
p537	88.78	50	n596	200.5356	0.35
p538	207.1	50	n597	201.3538	0.35
p539	215.7	150	n598	201.3538	0.35
p540	214.2	50	n599	201.3538	0.35
p541	179.2	150	n600	201.3538	0.35
p542	200.7	150	n601	200.5356	0.35
p543	179.4	50	n602	200.5356	0.35
p544	271.6	75	n603	201.3538	0.35
p545	136.3	75	n604	200.5356	0.35
p546	116.8	200	n605	199.7174	0.35

p547	114	75	n606	198.8992	0.35
p548	109	75	n607	198.081	0.35
p549	115.3	75	n609	200.5356	0.90
p550	118	50	n610	200.5356	0.35
p551	168.8	75	n611	199.7174	0.35
p552	127.8	50	n612	199.7174	0.35
p553	123.5	100	n613	199.7174	0.35
p554	79.47	100	n614	199.7174	0.35
p555	67.85	50	n615	199.7174	0.89
p556	98.82	75	n616	199.7174	0.35
p557	73.82	50	n617	199.7174	0.35
p558	99.84	100	n618	199.7174	0.35
p559	206.6	200	n619	198.8992	0.35
p560	69.73	100	n620	198.8992	0.35
p561	19.11	100	n621	198.8992	0.35
p562	196.3	75	n622	198.8992	0.35
p563	65.3	100	n623	198.8992	0.35
p564	29.7	100	n624	198.8992	0.35
p565	59.69	150	n625	198.8992	0.35
p566	81.42	150	n626	198.081	0.35
p567	75.49	150	n627	198.081	0.35
p568	128.2	50	n628	199.7174	0.35
p569	39.21	50	n629	199.7174	0.35
p570	26.89	50	n630	198.8992	0.90
p571	44.59	50	n631	198.8992	0.35
p572	40.26	50	n632	199.7174	0.20
p573	118.4	100	n633	198.8992	0.35
p574	43.9	100	n634	201.3538	0.35
p575	126.6	250	n635	198.081	0.35
p576	111.5	250	n636	198.081	0.35
p577	240.5	50	n637	198.081	0.35
p578	39.59	50	n638	198.081	0.35
p579	125	50	n639	198.081	0.35
p580	50.12	50	n640	201.3538	0.35
p581	48.88	50	n641	200.5356	0.35
p582	373.3	75	n642	199.7174	0.35
p583	175.2	250	n643	199.7174	0.35
p584	177.3	50	n644	199.7174	0.35
p585	200.1	250	n645	200.5356	0.35
p586	176.9	250	n646	200.5356	0.35
p587	107.6	300	n647	200.5356	0.35
p588	185.3	75	n648	199.7174	0.35
p589	127.7	250	n649	201.3538	0.20

p590	114.3	50	n650	200.5356	0.35
p591	139.7	50	n651	199.7174	0.20
p592	152.8	200	n652	198.8992	0.20
p593	161.7	50	n653	198.8992	0.20
p594	151.6	50	n655	198.8992	0.20
p595	284.7	50	n656	198.8992	0.20
p596	238	150	n657	199.7174	0.20
p597	117.7	50	n658	198.8992	0.20
p598	180.7	50	n659	198.8992	0.20
p599	106.9	50	n660	199.7174	0.20
p600	135.1	50	n661	199.7174	0.20
p601	151.6	50	n662	199.7174	0.20
p602	136.6	50	n663	201.3538	0.20
p603	150.6	125	n664	200.5356	0.20
p604	112.1	50	n666	200.5356	0.20
p605	109.8	150	n667	200.5356	0.20
p606	112.2	50	n668	200.5356	0.35
p607	204.1	100	n669	199.7174	0.20
p608	112.3	50	n670	199.7174	0.20
p609	208.6	50	n671	198.8992	0.20
p610	107.8	50	n672	198.8992	0.20
p611	25.77	50	n673	198.081	0.20
p612	152.9	50	n674	199.7174	0.20
p613	77.29	50	n675	199.7174	0.20
p614	94.82	50	n676	199.7174	0.20
p615	149.7	150	n677	199.7174	0.25
p616	89.15	50	n678	199.7174	0.35
p617	130.6	50	n679	200.5356	0.35
p618	260.6	50	n680	199.7174	0.35
p619	238.7	150	n681	199.7174	0.20
p620	101.3	50	n683	199.7174	0.25
p621	127	100	n685	200.5356	0.20
p622	137.2	150	n687	200.5356	0.20
p623	126.6	50	n688	199.7174	0.20
p624	78.74	50	n689	199.7174	0.20
p625	83.17	50	n690	199.7174	0.20
p626	252.9	150	n691	199.7174	0.20
p627	126.7	150	n692	199.7174	0.35
p628	80.68	150	n693	199.7174	0.35
p629	74.63	150	n694	199.7174	0.35
p630	127	50	n695	199.7174	0.35
p631	260.8	50	n696	199.7174	0.35
p632	128.1	50	n701	199.7174	0.25

p633	164.9	50	n702	199.7174	0.20
p634	123.4	150	n703	199.7174	0.20
p635	77.78	200	n704	199.7174	0.20
p636	56.34	200	n705	199.7174	0.20
p637	134.5	50	n707	198.8992	0.35
p638	122.7	100	n708	198.8992	0.35
p639	93.18	100	n709	198.8992	0.35
p640	142.4	50	n710	198.8992	0.35
p641	93.62	50	n711	198.8992	0.35
p642	95.91	50	n712	198.8992	0.35
p643	133.6	50	n713	198.8992	0.35
p644	98.8	100	n714	199.7174	0.35
p645	107.7	50	n715	198.8992	0.35
p646	81.81	50	n716	199.7174	0.35
p647	93.18	50	n717	199.7174	0.35
p648	92.94	50	n718	199.7174	0.35
p649	220.7	50	n719	198.8992	0.35
p650	225.4	100	n720	198.8992	0.35
p651	235.4	150	n721	200.5356	0.35
p652	230.2	50	n722	201.3538	0.35
p653	227.5	50	n723	198.8992	0.35
p654	227.4	100	n724	199.7174	0.35
p655	105.2	50	n725	198.8992	0.35
p656	87.02	50	n726	198.8992	0.35
p657	98.37	50	n727	198.8992	0.35
p658	185.1	50	n729	200.5356	0.35
p659	182.7	150	n730	201.3538	0.35
p660	121.1	50	n731	201.3538	0.35
p661	130	50	n732	201.3538	0.35
p662	106.7	50	n733	201.3538	0.90
p663	114.2	50	n734	200.5356	0.35
p664	18.06	150	n735	198.081	0.35
p665	162.9	150	n736	198.081	0.35
p666	85.73	50	n737	198.081	0.35
p667	60.8	50	n738	198.081	0.35
p668	114.5	50	n739	198.081	0.35
p669	60.46	200	n740	198.081	0.35
p670	40.25	200	n741	198.8992	0.35
p671	95.89	50	n742	200.5356	0.35
p672	177.6	150	n743	198.081	0.35
p673	125.9	200	n744	198.081	0.35
p674	172.2	150	n745	198.081	0.35
p675	117.5	50	n746	198.081	0.35

p676	95.06	50	n748	198.081	0.35
p677	97.24	50	n749	198.081	0.35
p678	116.3	50	n750	198.081	0.35
p679	59.93	50	n751	198.081	0.35
p680	33.31	50	n752	198.081	0.35
p681	102.5	75	n753	198.081	0.35
p682	119.8	50	n754	201.3538	0.35
p683	96.69	75	n755	201.3538	0.35
p684	116.3	50	n756	199.7174	0.35
p685	98.65	75	n758	198.8992	0.35
p686	46.84	50	n759	202.172	0.89
p687	42.16	50	n760	202.172	0.89
p688	76.29	50	n761	200.5356	0.89
p689	60.95	200	n762	200.5356	0.89
p690	79.2	200	n765	200.5356	0.5
p691	87.71	200	n766	200.5356	0.35
p692	0	50	n768	198.8992	0.35
p693	181.9	50	n772	199.7174	0.2
p694	111.8	100	n774	201.3538	0.35
p695	77.35	200	n777	201.3538	0.35
p696	93.03	100	n779	202.9902	0.35
p697	81.13	100	n780	202.9902	0.35
p698	189.7	50	n781	202.9902	0.35
p699	95.66	50	n782	204.6266	0.20
p700	71.43	100	n784	204.6266	0.20
p701	65.56	100	n785	202.9902	0.35
p702	91.23	100	n786	202.172	0.35
p703	74.15	100	n787	200.5356	0.20
p704	71.46	100	n788	200.5356	0.20
p705	101.3	50	n789	200.5356	0.20
p706	74.27	50	n790	202.172	0.20
p707	70.07	50	n791	202.172	0.20
p708	87.84	50	n792	202.172	0.20
p709	70.79	50	n793	202.172	0.20
p710	103	50	n794	202.172	0.20
p711	73.92	50	n795	202.9902	0.20
p712	81.37	50	n796	200.5356	0.20
p713	71.51	50	n797	200.5356	0.20
p714	74.22	50	n798	201.3538	0.20
p715	100.1	50	n799	201.3538	0.20
p716	99.95	50	n800	202.172	0.20
p717	100.8	100	n801	202.9902	0.20
p718	104.2	50	n802	201.3538	0.20

p719	100.6	50	n803	201.3538	0.20
p720	70.1	100	n804	201.3538	0.20
p721	102.3	50	n805	201.3538	0.20
p722	71.57	50	n806	202.172	0.35
p723	82.12	50	n807	202.172	0.35
p724	118	50	n808	202.172	0.20
p725	96.14	50	n809	202.172	0.35
p726	19.26	50	n810	202.9902	0.20
p727	71.48	50	n811	202.172	0.35
p728	99.92	100	n812	202.9902	0.20
p729	100.2	50	n813	200.5356	0.20
p730	90.14	100	n814	202.172	0.35
p731	99.77	50	n817	202.172	0.20
p732	101.2	50	n818	202.9902	0.20
p733	103.7	50	n821	202.172	0.35
p734	152.5	50	n822	202.172	0.20
p735	52.68	50	n824	201.3538	0.20
p736	181.7	50	n825	202.172	0.20
p737	101.4	50	n827	202.172	0.20
p738	82.36	50	n828	200.5356	0.20
p739	70.63	50	n829	201.3538	0.90
p740	76.93	50	n830	202.172	0.35
p741	72.55	50	n831	202.172	0.35
p742	72.11	50	n832	201.3538	0.35
p743	97.2	50	n833	199.7174	0.35
p744	61.07	150	n834	200.5356	0.35
p745	11.58	150	n835	200.5356	0.35
p746	69.65	150	n836	200.5356	0.89
p747	74.07	150	n839	199.7174	0.35
p748	71.28	150	n841	200.5356	0.35
p749	117.8	50	n842	200.5356	0.35
p750	102.2	50	n843	199.7174	0.4
p751	101.4	50	n844	199.7174	0.35
p752	113.1	50	n845	199.7174	0.35
p753	104.4	100	n847	202.172	0.35
p754	105.7	100	n848	202.172	0.35
p755	74.54	50	n849	202.172	0.35
p756	105.9	50	n850	201.3538	0.35
p757	101.6	50	n852	201.3538	0.9
p758	104.4	50	n853	202.172	0.2
p759	183.5	50	n855	201.3538	0.35
p760	102	150	n856	201.3538	0.90
p761	150.5	150	n858	201.3538	0.20

p762	71.24	50	n859	202.172	0.35
p763	100.5	50	n860	202.172	0.2
p764	55.88	50	n861	202.172	0.20
p765	100	50	n862	202.172	0.2
p766	86.8	50	n863	202.172	0.20
p767	101.9	50	n864	202.172	0.20
p768	127.9	50	n865	202.9902	0.35
p769	59.35	50	n866	202.9902	0.35
p770	123.9	50	n867	202.172	0.35
p771	117.7	50	n868	202.172	0.35
p772	76.63	50	n870	202.172	0.35
p773	82.29	50	n871	202.172	0.35
p774	40.01	50	n874	202.172	0.35
p775	33.31	50	n875	202.9902	0.20
p776	28.75	50	n876	202.172	0.20
p777	68.06	50	n878	204.6266	0.20
p778	71.31	150	n879	204.6266	0.35
p779	330.4	150	n882	203.8084	0.20
p780	86.42	200	n883	203.8084	0.20
p781	39.82	50	n884	203.8084	0.35
p782	77.55	50	n885	203.8084	0.35
p783	151.3	50	n886	203.8084	0.35
p784	103	200	n887	203.8084	0.35
p785	203.6	50	n888	202.9902	0.35
p786	103	50	n889	202.9902	0.35
p787	61.27	50	n890	202.9902	0.35
p788	184.7	50	n891	201.3538	0.35
p789	179.7	150	n892	202.172	0.35
p790	64.04	150	n894	203.8084	0.35
p791	13.95	50	n895	203.8084	0.35
p792	29.05	50	n896	203.8084	0.35
p793	68	50	n897	202.9902	0.35
p794	242.4	50	n898	202.9902	0.90
p795	182.4	200	n899	202.9902	0.35
p796	83.02	200	n900	203.8084	0.90
p797	180.4	50	n901	203.8084	0.35
p798	120.8	50	n902	204.6266	0.35
p799	94.61	100	n903	204.6266	0.35
p800	123.2	75	n904	203.8084	0.90
p801	13.9	100	n905	203.8084	0.35
p802	82.2	200	n907	204.6266	0.35
p803	112.3	50	n908	202.172	0.35
p804	85.07	50	n909	202.172	0.35

p805	108	50	n910	201.3538	0.90
p806	72.89	100	n911	201.3538	0.90
p807	142.5	50	n912	201.3538	0.90
p808	125.7	50	n913	202.172	0.35
p809	69.45	50	n914	201.3538	0.35
p810	133.5	50	n915	202.172	0.35
p811	135.9	50	n916	202.172	0.35
p812	102.8	50	n917	202.172	0.35
p813	49.3	50	n918	202.172	0.35
p814	78.38	50	n919	202.172	0.35
p815	102.2	50	n920	204.6266	0.35
p816	58.63	50	n921	205.4448	0.35
p817	87.26	50	n922	204.6266	0.35
p818	97.72	50	n923	203.8084	0.35
p819	85.42	50	n925	201.3538	0.35
p820	85.88	50	n926	200.5356	0.35
p821	85.22	50	n927	198.081	0.35
p822	58.66	50	n928	198.081	0.35
p823	107.7	50	n929	198.8992	0.35
p824	91.89	100	n930	198.8992	0.35
p825	107.2	50	n931	198.8992	0.35
p826	70.94	100	n932	202.172	0.35
p827	20.49	100	n933	201.3538	0.35
p828	93.08	50	n934	200.5356	0.35
p829	101.6	50	n935	200.5356	0.35
p830	42.09	50	n936	200.5356	0.35
p831	122.7	50	n937	200.5356	0.35
p832	96.18	50	n938	200.5356	0.35
p833	95.48	50	n939	200.5356	0.35
p834	87.86	50	n940	200.5356	0.35
p835	91.37	50	n941	200.5356	0.35
p836	122.8	50	n942	200.5356	0.35
p837	93.13	100	n943	200.5356	0.35
p838	12.87	100	n944	198.081	0.35
p839	122.2	50	n945	198.081	0.35
p840	91.28	50	n946	198.081	0.35
p841	61.44	50	n947	198.081	0.35
p842	60.81	50	n948	200.5356	0.35
p843	61.98	100	n949	199.7174	0.35
p844	64.3	100	n950	200.5356	0.35
p845	60.89	50	n951	200.5356	0.35
p846	59.86	50	n952	200.5356	0.35
p847	91.4	50	n953	200.5356	0.90

p848	93.9	50	n954	200.5356	0.90
p849	38.78	50	n955	200.5356	0.90
p850	65.36	50	n956	200.5356	0.90
p851	80.38	100	n957	201.3538	0.90
p852	86.2	100	n958	202.172	0.5
p853	92.89	100	n959	201.3538	0.35
p854	94	100	n960	200.5356	0.90
p855	88.69	100	n961	200.5356	0.35
p856	93.51	100	n962	202.172	0.35
p857	79.8	75	n963	202.172	0.35
p858	83.13	75	n964	203.8084	0.35
p859	88.43	50	n965	203.8084	0.35
p860	83.08	50	n966	202.9902	0.35
p861	90.18	50	n967	202.172	0.35
p862	78.32	50	n969	202.172	0.2
p863	83.38	50	n970	202.172	0.35
p864	80.68	50	n971	202.172	0.35
p865	80.89	50	n972	202.172	0.20
p866	83.85	50	n973	202.172	0.20
p867	92.17	50	n974	201.3538	0.20
p868	95.44	50	n975	201.3538	0.20
p869	88.23	50	n976	201.3538	0.20
p870	84.37	50	n977	201.3538	0.20
p871	56.76	50	n978	201.3538	0.20
p872	15.73	50	n979	201.3538	0.20
p873	94	50	n980	201.3538	0.20
p874	69.49	50	n981	201.3538	0.20
p875	97.76	50	n982	201.3538	0.5
p876	63.07	50	n983	202.172	0.20
p877	89.72	50	n984	201.3538	0.2
p878	56.22	50	n985	201.3538	0.20
p879	69	50	n986	201.3538	0.20
p880	88.65	100	n987	202.172	0.20
p881	91.08	50	n988	202.172	0.20
p882	81.48	50	n989	202.172	0.20
p883	92.02	50	n990	202.172	0.20
p884	82.97	50	n991	202.172	0.20
p885	108.2	100	n992	200.5356	0.20
p886	27.28	100	n993	200.5356	0.35
p887	62.45	150	n994	199.7174	0.35
p888	38.78	150	n995	202.172	0.35
p889	117.6	100	n996	202.172	0.35
p890	95.84	50	n997	201.3538	0.35

p891	108.7	100	n998	200.5356	0.35
p892	132.3	200	n999	200.5356	0.35
p893	69.43	50	n1000	201.3538	0.35
p894	92.06	50	n1002	201.3538	0.35
p895	58.81	50	n1003	202.9902	0.35
p896	97.7	100	n1004	202.9902	0.35
p897	93.32	100	n1005	200.5356	0.35
p898	107.9	50	n1006	202.172	0.35
p899	26.47	50	n1007	202.172	0.35
p900	41.55	50	n1009	201.3538	0.35
p901	231.3	100	n1010	201.3538	0.89
p902	228.7	50	n1012	201.3538	0.35
p903	133.2	100	n1013	201.3538	0.35
p904	247.8	100	n1014	201.3538	0.35
p905	244.7	50	n1015	198.081	0.35
p906	99.54	200	n1016	198.8992	0.35
p907	138	100	n1017	198.8992	0.35
p908	116.4	100	n1018	199.7174	0.35
p909	150.2	75	n1020	199.7174	0.20
p910	157.9	50	n1021	200.5356	0.20
p911	144.5	50	n1022	200.5356	0.35
p912	174.5	50	n1023	200.5356	0.35
p913	78.37	50	n1025	199.7174	0.35
p914	99.35	50	n1026	199.7174	0.35
p915	72.19	50	n1027	199.7174	0.35
p916	133.1	50	n1029	201.3538	0.35
p917	71.68	50	n1030	199.7174	0.35
p918	9.261	50	n1031	199.7174	0.35
p919	133.1	50	n1032	199.7174	0.35
p920	43.36	50	n1033	201.3538	0.35
p921	110.9	50	n1034	201.3538	0.35
p922	60.67	50	n1036	201.3538	0.89
p923	122.6	50	n1037	201.3538	0.89
p924	123.6	50	n1038	202.172	0.89
p925	93.65	50	n1040	202.172	1.1
p926	49.3	50	n1041	202.172	0
p927	131	50	n1042	202.9902	0.20
p928	50.57	50	n1043	200.5356	0.20
p929	81.6	50	n1044	200.5356	0.20
p930	126.9	50	n1045	200.5356	0.20
p931	80.1	50	n1046	202.172	0.20
p932	58.24	50	n1047	202.172	0.20
p933	79.96	50	n1048	202.172	0.20

p934	245	50	n1049	202.172	0.35
p935	26.21	50	n1050	202.172	0.35
p936	76.48	50	n1051	202.172	0.35
p937	95.23	50	n1052	203.8084	0.20
p938	121	50	n1053	203.8084	0.20
p939	54.37	50	n1054	202.9902	0.20
p940	99.07	50	n1055	202.9902	0.20
p941	46.29	50	n1056	202.9902	0.20
p942	114.8	100	n1057	202.9902	0.20
p943	104.9	100	n1058	202.9902	0.20
p944	224	100	n1059	202.9902	0.20
p945	139.2	200	n1060	202.9902	0.20
p946	284.7	200	n1061	200.5356	0.20
p947	260.9	125	n1062	201.3538	0.20
p948	135.1	125	n1063	201.3538	0.20
p949	112.1	100	n1065	201.3538	0.20
p950	231.7	100	n1066	201.3538	0.20
p951	150.9	100	n1068	201.3538	0.20
p952	207.1	100	n1069	201.3538	0.20
p953	106.9	100	n1070	201.3538	0.20
p954	129	100	n1072	202.9902	0.20
p955	39.21	100	n1073	202.9902	0.20
p956	26.72	100	n1074	202.9902	0.20
p957	44.59	100	n1076	204.6266	0.2
p958	40.12	100	n1077	204.6266	0.20
p959	98.85	50	n1078	205.4448	0.20
p960	192.5	50	n1079	205.4448	0.25
p961	511.4	50	n1080	205.4448	0.20
p962	700	75	n1081	202.9902	0.20
p963	73.31	150	n1082	202.9902	0.20
p964	74.99	50	n1084	202.9902	0.20
p965	69.96	50	n1085	202.9902	0.35
p966	77.47	50	n1086	202.9902	0.20
p967	72.45	50	n1087	202.9902	0.20
p968	128.5	50	n1088	204.6266	0.20
p969	73.07	200	n1092	202.9902	0.20
p970	44.09	200	n1093	202.9902	0.20
p971	70.92	200	n1094	202.9902	0.20
p972	57.78	200	n1095	204.6266	0.20
p973	58.86	200	n1096	204.6266	0.20
p974	50.65	200	n1097	204.6266	0.20
p975	44.63	200	n1098	204.6266	0.20
p976	70.43	200	n1099	204.6266	0.20

p977	92.95	200	n1101	204.6266	0.20
p978	45.1	50	n1102	204.6266	0.20
p979	52.38	50	n1103	204.6266	0.20
p980	58.22	50	n1105	204.6266	0.20
p981	38.65	50	n1106	204.6266	0.20
p982	66	50	n1107	204.6266	0.20
p983	70.52	50	n1108	206.263	0.20
p984	112.6	50	n1109	206.263	0.20
p985	106.7	50	n1110	202.9902	0.35
p986	17.2	50	n1111	202.172	0.35
p987	71.58	50	n1112	201.3538	0.20
p988	67.92	50	n1113	199.7174	0.20
p989	53.5	50	n1114	202.172	0.35
p990	61.01	50	n1115	202.172	0.35
p991	84.9	50	n1117	202.172	0.35
p992	94.1	50	n1118	200.5356	0.35
p993	64.21	50	n1119	200.5356	0.35
p994	55.04	50	n1120	200.5356	0.35
p995	111.5	50	n1121	200.5356	0.25
p996	123.3	50	n1122	200.5356	0.90
p997	56.04	50	n1123	200.5356	0.90
p998	50.79	50	n1124	200.5356	0.35
p999	107	50	n1125	200.5356	0.90
p1000	45.76	50	n1128	200.5356	0.90
p1001	48.36	50	n1133	199.7174	0.35
p1002	138	50	n1134	198.8992	0.35
p1003	39.49	50	n1135	198.8992	0.90
p1004	45.88	50	n1136	198.8992	0.35
p1005	119.9	50	n1137	198.8992	0.35
p1006	74.33	150	n1138	198.8992	0.35
p1007	118.9	50	n1139	198.081	0.35
p1008	29.25	50	n1140	201.3538	0.35
p1009	119.6	50	n1141	201.3538	0.35
p1010	44.35	50	n1142	202.172	0.35
p1011	61.56	50	n1143	202.172	0.35
p1012	47.32	50	n1144	200.5356	0.35
p1013	65.67	50	n1146	200.5356	0.90
p1014	115.8	50	n1150	198.081	0.35
p1015	165.1	50	n1151	202.172	0.35
p1016	119.6	50	n1152	203.8084	0.35
p1017	65.63	50	n1154	200.5356	0.35
p1018	56.64	50	n1155	198.081	0.35
p1019	119.7	50	n1156	198.081	0.35

p1020	159.6	50	n1157	198.081	0.35
p1021	114.4	50	n1158	198.8992	0.35
p1022	162.8	50	n1159	198.081	0.35
p1023	121.5	50	n1160	200.5356	0.35
p1024	359.3	75	n1161	202.172	0.35
p1025	149	50	n1162	202.172	0.35
p1026	76.01	50	n1163	202.172	0.90
p1027	34.06	50	n1164	202.172	0.20
p1028	71.48	50	n1165	202.172	0.20
p1029	151.4	100	n1166	202.172	0.20
p1030	107.7	100	n1167	202.172	0.20
p1031	134.5	100	n1168	198.8992	0.35
p1032	162.4	100	n1169	198.081	0.35
p1033	76.97	50	n1170	200.5356	0.35
p1034	72.04	75	n1172	198.8992	0.35
p1035	55.62	75	n1173	198.081	0.35
p1036	18.03	75	n1174	198.081	0.35
p1037	45.93	75	n1175	198.081	0.35
p1038	22.74	75	n1176	200.5356	0.35
p1039	34.18	75	n1177	200.5356	0.35
p1040	115.7	150	n1178	202.172	0.35
p1041	26.47	150	n1179	202.172	0.35
p1042	72.9	150	n1180	202.172	0.90
p1043	47.64	50	n1181	201.3538	0.35
p1044	22.28	50	n1182	201.3538	0.35
p1045	79.59	50	n1183	200.5356	0.20
p1046	111.7	50	n1184	200.5356	0.20
p1047	110.1	50	n1185	200.5356	0.20
p1048	71.66	50	n1186	200.5356	0.20
p1049	72.15	50	n1187	200.5356	0.20
p1050	72.05	100	n1188	200.5356	0.20
p1051	72.08	100	n1189	200.5356	0.20
p1052	71.39	100	n1190	200.5356	0.20
p1053	71.69	100	n1191	200.5356	0.20
p1054	138.1	100	n1192	200.5356	0.20
p1055	70.8	150	n1193	200.5356	0.20
p1056	81.01	150	n1194	200.5356	0.20
p1057	63.9	150	n1195	200.5356	0.20
p1058	70.65	150	n1196	201.3538	0.35
p1059	72.04	150	n1197	201.3538	0.20
p1060	71.48	150	n1199	201.3538	0.20
p1061	226.3	150	n1200	202.172	0.35
p1062	252.3	150	n1201	201.3538	0.35

p1063	153.1	150	n1202	201.3538	0.20
p1064	149.8	150	n1203	201.3538	0.20
p1065	197	150	n1204	200.5356	0.20
p1066	220.4	150	n1205	200.5356	0.20
p1067	46.11	200	n1206	200.5356	0.20
p1068	51.43	200	n1207	200.5356	0.20
p1069	53.37	200	n1208	200.5356	0.20
p1070	50.67	200	n1209	200.5356	0.20
p1071	52.58	200	n1210	200.5356	0.20
p1072	52.45	200	n1211	200.5356	0.20
p1073	52.17	200	n1212	200.5356	0.20
p1074	52.4	200	n1214	200.5356	0.20
p1075	40.46	200	n1215	200.5356	0.20
p1076	33.86	200	n1216	200.5356	0.20
p1077	64.25	200	n1217	200.5356	0.20
p1078	151.5	200	n1218	200.5356	0.20
p1079	64.03	200	n1219	200.5356	0.20
p1080	42.2	200	n1220	201.3538	0.20
p1081	25.63	100	n1223	201.3538	0.35
p1082	71.9	300	n1224	200.5356	0.35
p1083	68.88	300	n1227	200.5356	0.20
p1084	69.99	300	n1228	200.5356	0.20
p1085	70.82	400	n1229	200.5356	0.20
p1086	134.3	400	n1230	200.5356	0.20
p1087	132.8	400	n1231	200.5356	0.20
p1088	149.7	300	n1232	200.5356	0.20
p1089	113.7	150	n1233	200.5356	0.20
p1090	54.56	150	n1235	200.5356	0.20
p1091	99.39	150	n1238	200.5356	0.20
p1092	14.14	150	n1239	200.5356	0.20
p1093	439.7	200	n1240	201.3538	0.20
p1094	55.73	200	n1241	200.5356	0.20
p1095	27.64	200	n1242	200.5356	0.20
p1096	58.54	200	n1243	200.5356	0.20
p1097	70.66	200	n1244	201.3538	0.20
p1098	73.21	200	n1245	201.3538	0.20
p1099	84.15	100	n1246	201.3538	0.20
p1100	88.54	100	n1247	202.172	0.20
p1101	69.11	100	n1248	200.5356	0.20
p1102	69.92	100	n1249	200.5356	0.20
p1103	209.9	100	n1250	200.5356	0.20
p1104	114.2	150	n1251	200.5356	0.20
p1105	112.1	150	n1252	200.5356	0.20

p1106	113.2	150	n1254	202.9902	0.20
p1107	105.3	150	n1255	200.5356	0.20
p1108	114.3	150	n1256	200.5356	0.20
p1109	72.06	150	n1257	200.5356	0.20
p1110	73.3	150	n1258	200.5356	0.20
p1111	101.3	150	n1259	200.5356	0.20
p1112	161.5	100	n1260	200.5356	0.20
p1113	105.4	100	n1261	200.5356	0.20
p1114	55.48	100	n1262	200.5356	0.20
p1115	43.71	100	n1263	200.5356	0.20
p1116	74.72	100	n1264	200.5356	0.20
p1117	36.25	100	n1265	201.3538	0.20
p1118	36.68	100	n1269	202.172	0.20
p1119	34.23	100	n1270	202.172	0.35
p1120	52.57	100	n1271	201.3538	0.7
p1121	39.25	100	n1274	201.3538	0.35
p1122	38.42	100	n1275	198.8992	0.35
p1123	36.94	100	n1277	198.8992	0.35
p1124	70.33	100	n1352	202.172	0.90
p1125	69.65	100	n1355	202.172	0.90
p1126	71.06	100	n1356	204.6266	0.35
p1127	77.46	100	n1360	201.3538	0.35
p1128	99.57	100	n1361	202.172	0.35
p1129	70.17	150	n1362	201.3538	0.35
p1130	91.01	150	n1363	201.3538	0.35
p1131	74.33	150	n1364	201.3538	0.35
p1132	70.73	150	n1365	201.3538	0.35
p1133	92.29	150	n1366	201.3538	0.35
p1134	64.99	150	n1371	203.8084	0
p1135	70.09	150	n1372	202.9902	0.90
p1136	121	150	n1373	203.8084	0.35
p1137	92.58	50	n1374	203.8084	0.20
p1138	78.73	50	n1375	203.8084	0.35
p1139	104.6	150	n1376	202.172	0.35
p1140	71.35	150	1	201.3538	0.20
p1141	105.6	150	2	201.3538	0
p1142	139.3	150	4	202.172	0
p1143	114.9	150	6	199.7174	0.20
p1144	42.27	50	7	201.3538	0.35
p1145	125.2	50	8	202.172	0.2
p1146	122.6	100	9	201.3538	0.89
p1147	111.4	100			
p1148	130.7	100			

p1149	116.8	150			
p1150	124.6	150			
p1151	114.1	200			
p1152	70.18	100			
p1153	72.05	100			
p1154	68.75	100			
p1155	216.1	100			
p1156	27.03	150			
p1157	95.26	100			
p1158	207.9	100			
p1159	113.9	100			
p1160	27.38	100			
p1161	36.11	100			
p1162	16.92	100			
p1163	27.62	100			
p1164	84.1	100			
p1165	27.2	100			
p1166	115.9	100			
p1167	113.7	50			
p1168	71.45	150			
p1169	72.17	150			
p1170	71.6	150			
p1171	73.75	150			
p1172	71.47	150			
p1173	70.2	150			
p1174	76.25	150			
p1175	85.79	100			
p1176	93.27	100			
p1177	70.46	50			
p1178	107.7	50			
p1179	59.88	50			
p1180	20.78	50			
p1181	116.1	50			
p1182	150.9	50			
p1183	94.84	50			
p1184	107.1	50			
p1185	107.7	50			
p1186	148.2	150			
p1187	226.1	100			
p1188	118.3	100			
p1189	224.9	100			
p1190	198.9	125			
p1191	128.7	125			

p1192	176.9	125			
p1193	87.46	50			
p1194	107.7	50			
p1195	115.1	50			
p1196	115.2	50			
p1197	78.97	50			
p1198	89.35	50			
p1199	124.9	50			
p1200	91.34	50			
p1201	91.86	50			
p1202	93.1	50			
p1203	85.67	50			
p1204	119.1	100			
p1205	83.15	100			
p1206	79.92	100			
p1207	100.4	50			
p1208	158.6	200			
p1209	98.42	50			
p1210	40.9	50			
p1211	60.47	50			
p1212	56.32	50			
p1213	77.8	50			
p1214	178.5	200			
p1215	126.1	250			
p1216	121.2	250			
p1217	155.3	250			
p1218	54.81	300			
p1219	115.3	50			
p1220	116.4	50			
p1221	92.01	50			
p1222	71.29	50			
p1223	74.97	50			
p1224	69.5	50			
p1225	149.2	50			
p1226	70.78	50			
p1227	81.17	50			
p1228	68.23	50			
p1229	93.63	50			
p1230	80.92	50			
p1231	74.42	50			
p1232	70.82	50			
p1233	74.89	50			
p1234	207.7	50			

p1235	208.2	50			
p1236	72.5	50			
p1237	79.19	50			
p1238	113.8	50			
p1239	115.9	50			
p1240	117.7	50			
p1241	109.5	50			
p1242	114.9	50			
p1243	225.4	50			
p1244	105.3	50			
p1245	9.106	50			
p1246	107.4	50			
p1247	114.4	50			
p1248	113.4	50			
p1249	103.4	50			
p1250	111.7	50			
p1251	100.6	50			
p1252	71.02	50			
p1253	77.83	50			
p1254	69.65	50			
p1255	69.92	50			
p1256	72.5	50			
p1257	72.98	50			
p1258	81.85	50			
p1259	134.1	50			
p1260	68.68	50			
p1261	63.68	50			
p1262	88.07	50			
p1263	93.37	50			
p1264	159.7	50			
p1265	157.2	50			
p1266	95.48	50			
p1267	91.31	50			
p1268	58.51	50			
p1269	85.27	50			
p1270	57.38	50			
p1271	87.39	50			
p1272	72.71	50			
p1273	243.4	50			
p1274	143.2	50			
p1275	81.43	50			
p1276	85.67	50			
p1277	252.3	50			

p1278	150.3	50			
p1279	230	50			
p1280	249.9	50			
p1281	70.01	50			
p1282	159	50			
p1283	160.4	50			
p1284	50.54	50			
p1285	54.21	50			
p1286	84.73	50			
p1287	53.43	50			
p1288	58.24	50			
p1289	92.18	50			
p1290	169.3	50			
p1291	149.5	50			
p1292	50.87	50			
p1293	99.53	50			
p1294	16.9	50			
p1295	242.2	50			
p1296	153.5	50			
p1297	55.43	50			
p1298	71.84	50			
p1299	94.29	50			
p1300	64.67	50			
p1301	80.97	50			
p1302	219.3	50			
p1303	222.5	50			
p1304	488.8	50			
p1305	17.76	50			
p1306	38.17	50			
p1307	0.976	300			
p1308	37.53	200			
p1309	196.4	75			
p1310	182.7	75			
p1311	241.1	50			
p1312	34	50			
p1313	6.235	50			
p1314	47.38	50			
p1315	162	50			
p1316	88.52	50			
p1317	101.8	50			
p1318	71.11	50			
p1319	74.8	50			
p1320	76.48	50			

p1321	42.83	50			
p1322	72.88	50			
p1323	73.38	50			
p1324	70.38	50			
p1325	93.25	50			
p1326	110.8	50			
p1327	120.8	50			
p1328	86.92	50			
p1329	238.2	50			
p1330	65.53	50			
p1331	119.7	50			
p1332	121.1	50			
p1333	121.5	50			
p1334	75.47	50			
p1335	73.22	50			
p1336	96.53	50			
p1337	102.5	50			
p1338	105	50			
p1339	44.44	50			
p1340	104.1	50			
p1341	181.8	50			
p1342	238.6	50			
p1343	108.2	50			
p1344	113.4	50			
p1345	110.4	50			
p1346	48.95	50			
p1347	106.6	50			
p1348	86.45	50			
p1349	41.09	50			
p1350	81.29	50			
p1351	111.1	50			
p1352	88.24	50			
p1353	112.4	50			
p1354	113.3	50			
p1355	32.32	50			
p1356	71.87	50			
p1357	75.81	50			
p1358	71.24	50			
p1359	102.2	50			
p1360	110.2	50			
p1361	114.2	50			
p1362	109.4	50			
p1363	47.18	50			

p1364	140.4	50			
p1365	109.5	50			
p1366	112.4	50			
p1367	113.2	50			
p1368	108.4	50			
p1369	76.49	50			
p1370	59.84	50			
p1371	69.85	50			
p1372	75.13	50			
p1373	13.72	50			
p1374	56.26	50			
p1375	45.87	50			
p1376	110.1	50			
p1377	112.2	50			
p1378	112.9	50			
p1379	70.05	50			
p1380	70.52	50			
p1381	73.93	50			
p1382	66.2	50			
p1383	77.22	50			
p1384	20.2	50			
p1385	28.28	50			
p1386	68.46	50			
p1387	69.19	50			
p1388	78.08	50			
p1389	107.3	50			
p1390	77.8	50			
p1391	81.28	50			
p1392	36.87	50			
p1393	47.81	50			
p1394	81.42	50			
p1395	109.4	50			
p1396	78.47	50			
p1397	83.99	50			
p1398	69.27	50			
p1399	55.85	50			
p1400	213.2	50			
p1401	71.24	50			
p1402	69.07	50			
p1403	83.78	50			
p1404	80.82	50			
p1405	116	50			
p1406	70.89	50			

p1407	71.85	50			
p1408	74.47	50			
p1409	68.73	50			
p1410	51.37	50			
p1411	23.09	50			
p1412	47.13	50			
p1413	23.91	50			
p1414	53.06	50			
p1415	19.36	50			
p1416	55.78	50			
p1417	17.5	50			
p1418	68.85	50			
p1419	31.5	50			
p1420	111.4	50			
p1421	78.75	50			
p1422	50.92	50			
p1423	117.5	50			
p1424	46.08	50			
p1425	76.17	50			
p1426	126.1	50			
p1427	84.43	50			
p1428	123.7	50			
p1429	95.01	50			
p1430	149.1	50			
p1431	69.96	50			
p1432	76.09	50			
p1433	71.72	50			
p1434	71.06	50			
p1435	68.82	50			
p1436	76.24	50			
p1437	27.87	50			
p1438	71.8	50			
p1439	69.8	50			
p1440	76.99	50			
p1441	69.63	50			
p1442	72.15	50			
p1443	72.4	50			
p1444	69.38	50			
p1445	75.54	50			
p1446	72.87	50			
p1447	114.1	50			
p1448	112.3	50			
p1449	109.9	50			

p1450	112.1	50			
p1451	111.2	50			
p1452	113.3	50			
p1453	114	50			
p1454	100.7	50			
p1455	89.96	50			
p1456	90.18	50			
p1457	89.27	50			
p1458	90.25	50			
p1459	90.24	50			
p1460	108.6	50			
p1461	32.84	50			
p1462	112.3	50			
p1463	31.95	50			
p1464	111.2	50			
p1465	34.09	50			
p1466	112.9	50			
p1467	109.4	50			
p1468	110.1	50			
p1469	112.1	50			
p1470	112.5	50			
p1471	110.9	50			
p1472	124.3	50			
p1473	54.55	50			
p1474	69.11	50			
p1475	34.99	50			
p1476	55.78	50			
p1477	65.94	50			
p1478	34.9	50			
p1479	69.02	50			
p1480	162.3	50			
p1481	39.59	50			
p1482	71.3	50			
p1483	195.8	50			
p1484	68.22	50			
p1485	47.61	50			
p1486	127.2	50			
p1487	135.4	50			
p1488	63.43	50			
p1489	212	50			
p1490	124.2	50			
p1491	83.47	50			
p1492	120.3	50			

p1493	67.54	50			
p1494	39	50			
p1495	40.05	50			
p1496	55.12	50			
p1497	84.55	50			
p1498	60.26	50			
p1499	127.7	50			
p1500	64.1	50			
p1501	69.64	50			
p1502	60.6	50			
p1503	16.3	50			
p1504	59.31	50			
p1505	35.04	50			
p1506	30.95	50			
p1507	70.69	50			
p1508	42.02	50			
p1509	212.3	50			
p1510	80.22	50			
p1511	86.15	50			
p1512	9.102	50			
p1513	55.44	50			
p1514	137.4	50			
p1515	66.73	50			
p1516	101.8	50			
p1517	24.67	50			
p1518	99.79	50			
p1519	162.8	50			
p1520	9.253	200			
p1521	17.51	50			
p1522	157.7	100			
p1523	165.7	100			
p1524	217.4	100			
p1525	196	150			
p1526	297.4	300			
p1527	155.6	300			
p1528	68.59	300			
p1529	78.23	300			
p1530	156.6	300			
p1531	2.329	50			
p1532	0.4634	400			
p1533	34.57	400			
p1534	118.2	200			
p1535	43.97	200			

p1536	209.2	200			
p1537	248.9	200			
p1538	87.93	200			
p1539	118.6	50			
p1540	5.24	300			
p1541	5.39	400			
p1542	5.39	400			
p1543	5.39	400			
p1544	5.39	300			
p1545	5.39	300			
p1546	5.39	300			
p1547	2.97	300			
p1548	3.42	300			
p1549	4.82	100			

ANEXO I – Ofício com características do sistema.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

OFÍCIO Nº 027/2021/FAESA/CAMTUC/UFPA

Tucuruí, 06 de abril de 2021.

À Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) – Município de Abaetetuba

Ao gestor da COSANPA/Abaetetuba.

Sr. Dagoberto Pereira Brillhante

Assunto: Informações sobre o sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba

Prezado Senhor,

A Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará – Campus de Tucuruí solicita gentilmente autorização de acesso do discente **Maycon de Souza Batista** às informações do sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba.

As informações são as seguintes:

- Cadastro/projeto do sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba, bem como cotas topográficas e outras especificações técnicas que houver;
- Informações sobre macromedição: valores monitorados de vazão, pressão e nível (se houverem), bem como especificação dos equipamentos utilizados nos monitoramentos e seus relatórios de calibração (se houverem);
- Informações sobre micromedição: modelos dos hidrômetros utilizados, relatórios de calibração e vazões de consumo monitoradas (se houverem);
- Relatórios de qualidade da água no sistema de distribuição (reservatório e rede – se houverem).

O objetivo de uso dos dados é o Trabalho de Conclusão de Curso do discente, que está sendo desenvolvido sob a orientação do Professor Me. Raynner Menezes Lopes.

Dependendo das informações que puderem ser disponibilizadas, poderão ser realizadas simulações computacionais da rede de distribuição de água, estudos sobre vazamentos e outros, que poderão ter alguma utilidade para esta companhia de saneamento.



Campus Universitário de Tucuruí
Rua Itaipu nº36 - Vila Permanente
CEP: 68464-00 Tucuruí/Pa
www.camtuc.ufpa.br faesacamtuc@ufpa.br



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

Certo de contar com seu apoio, deixo aqui meus cumprimentos.

Informações para contato:

Professor Raynner Lopes: E-mail: raynnerlopes@ufpa.br

Discente: Maycon de Souza Batista: Telefone (WhatsApp): (91) 9 9906-6646

Atenciosamente,

*Recibido em
09/04/21
Vandiane C.*

RAYNNER MENEZES LOPES
Prof. Me. Raynner Menezes Lopes
Vice-diretor da FAESA. Portaria 265/2021
CAMTUC – UFPA



Campus Universitário de Tucuruí
Rua Itaipu n°36 - Vila Permanente
CEP: 68464-00 Tucuruí/Pa
www.camtuc.ufpa.br faesacamtuc@ufpa.br