



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA

**MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA
CIDADE DE BANANEIRAS – PB**

JOÃO PESSOA

2025

DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA

**MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA
CIDADE DE BANANEIRAS - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Tecnologia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Heber Pimentel Gomes

JOÃO PESSOA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F379m Ferreira, Denner Vianna Santos.

Modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de
água da cidade de Bananeiras-PB / Denner Vianna Santos
Ferreira. - João Pessoa, 2025.

126 f. : il.

Orientação: Heber Pimentel Gomes.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Modelagem hidráulica. 2. Abastecimento de água.
3. Redes de água. I. Gomes, Heber Pimentel. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA

MODELAGEM DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE BANANEIRAS-PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 22/04/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br **HEBER PIMENTEL GOMES**
Data: 06/05/2025 08:59:06-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

x

Prof. Dr. Heber Pimentel Gomes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO.

Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO .

Ao meu pai.

AGRADECIMENTOS

De início, agradeço a Deus por toda ajuda e fortalecimento que me foram concebidos durante esses anos de dedicação, trabalho e esforço.

Dedico esse trabalho ao meu honroso pai Geraldo Magela, que sonhava em ter um filho engenheiro civil e infelizmente partiu dessa vida antes desse dia chegar. Dedico também à minha amada mãe Maria Vilzetti que tanto me encorajou e motivou a continuar firme na caminhada. Agradeço ao meu enérgico irmão João Gabriel, que me inspira a continuar melhorando. Agradeço à minha namorada Ennya Ribeiro que muito me apoiou durante a fase final do curso.

À minha avó Maria Vilani por suas orações, minhas tias Adriana Macêdo, Avany Macêdo, Jani Macêdo e meus tios José dos Santos, Allan David e Salatiel Gonçalves, que sempre mostraram euforia quando eu contava sobre as novas experiências e aprendizados do curso e dos estágios.

Aos meus valiosíssimos colegas da UFPB: Paulo Barbosa; André Toscano; Witamar Bernardo; Linus Paulo; Marcelo Oliveira; Raffael Leobino; Pedro Galdino; Silvio Santos e Igor Ramon que estiveram comigo por grande parte da formação.

Aos meus amigos da juventude: Gabriel Rodrigues; Eduardo Leite; Valber Ferreira; Joéliton José; André Coelho; Sayro Rhuan; Vitorugo e Dennys Duarte, por sempre se mostrarem empolgados quando nos reencontramos na nossa cidade.

Aos ilustres professores que tive na universidade, prof. Ricardo, prof. Fábio e especialmente ao meu orientador, prof. Heber, pelo forte empurrão que venho recebendo durante o último ano do curso como também no decorrer deste trabalho, como também à Gabriella Negromonte cujo tema deste trabalho deriva de sua dissertação. A todos os demais professores que tive a oportunidade de ser aluno, em especial ao prof. Gilson Athayde e a profa. Albanise Marinho, que aceitaram o meu convite de compor a banca examinadora.

Aos engenheiros civis: Newton Maciel; Lucas Queiroz; Marcelo Júnior; Thales Targino e Edilson Torres que me ensinaram valiosos ensinamentos profissionais e éticos sobre o mercado de trabalho da engenharia. Agradeço também a Natanael Lima e Francisco Camillo, que me mostraram a importância do trabalho em equipe e da excelência profissional.

RESUMO

A Lei Nº 11.445/2007 assegura as diretrizes nacionais para os serviços de saneamento básico e a política federal de saneamento básico. Esse serviço é diretamente responsável pela promoção da saúde e o aumento da produtividade proporcionando condições mínimas de dignidade à população atendida. Dentre os 4 eixos principais do saneamento básico, o abastecimento de água normalmente é a primeira medida a ser instaurada visando garantir esse direito constitucional. Esse trabalho tem como propósito fazer o diagnóstico do sistema de abastecimento de água existente no município de Bananeiras-PB, a partir da contribuição de diferentes órgãos estaduais que exercem alguma responsabilidade quanto à implantação, gerenciamento, manutenção e expansão desse serviço à população. Alguns dos principais atores envolvidos nesse processo são a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), o Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE-PB), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), que compartilharam o traçado da rede de abastecimento e dados não oficiais sobre a demanda, perdas de água, estações elevatórias e reservação de água da rede, os dados topográficos municipais, bem como informações sobre a população residente e dados oficiais sobre o sistema de água municipal, respectivamente. A organização e compatibilização desses recursos foram realizadas utilizando o Software AutoCAD com vista às ferramentas de desenho e o Software Excel referente aos cálculos dos valores necessários a montagem dos valores necessários ao processamento da rede. A partir dos dados coletados, foi utilizado o Software EPANET a fim de processar os principais dados obtidos e calculados (diâmetro interno dos tubos, cota topográfica, consumo demandado e parâmetros das estações elevatórias contidas na rede) a fim de obter as pressões e carga hidráulica nos nós, vazão, velocidade e perda de carga nos trechos para se formar uma compilação de dados, tão próxima da realidade quanto possível. Modelou-se dois cenários de rede, sendo o primeiro utilizando o site do SINISA e o segundo dados fornecidos pela CAGEPA. O segundo cenário demonstrou resultados mais factíveis com a realidade e foi possível construir um modelo mais realista, enquanto o primeiro demonstrou uma rede menos propensas a problemas de pressão e falta de água, que pouco condizem com a realidade da malha urbana da cidade.

Palavras-chave: modelagem hidráulica; abastecimento de água, redes de água.

ABSTRACT

The Act No. 11,445/2007 establishes national guidelines for basic sanitation services and the national sanitation policy. This service is directly responsible for promoting health and increasing productivity by providing the population with minimum conditions of dignity. Among the four main pillars of basic sanitation, water supply is usually the first measure to be implemented to ensure this constitutional right. This study aims to diagnose the existing water supply system in the city of Bananeiras-PB, based on the contributions of different state agencies responsible for implementing, managing, maintaining, and expanding this service for the population. Some of the most valuable players involved in this process are the Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), the Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE-PB), the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), and the Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA). These organizations provided the supply water network and unofficial data on demand, water wastage, pumps and water reserve, in addition of topographic elevations data and official information on the local water system. The organization and integration of these features were combined using AutoCAD software for drawing tools and Excel software for calculations necessary for assembling and processing the network of water supply values. Based on the collected data, EPANET software was used to process the main obtained and calculated data (internal diameter, topographic elevation, consumption and parameters of the pumps in the network to determine pressures and hydraulic load at the nodes, flow rate, velocity, and energy loss in the sections to compile a dataset as close to reality as possible. Two network scenarios were modeled, the first one using the SINISA website and the second using database provided by CAGEPA. The second scenario demonstrated results that were more realistic and made it possible to built a more realistic model, while the first one demonstrated a network was less pressure problems and lack of water, which were not very consistent with the reality of the urban city's network.

Keywords: hydraulic modeling, water supply, water network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema de abastecimento de água.....	20
Figura 2 - Esquema de uma rede de distribuição de água malhada.	23
Figura 3 – Esquema de uma rede de distribuição de água em grelha e em espinha de peixe.....	24
Figura 4 – Esquema de uma rede de distribuição de água em anel.	25
Figura 5 – Esquema de uma rede de distribuição de água em blocos.....	26
Figura 6 – Esquema de uma rede de distribuição de água mista.....	26
Figura 7 – Curva de diâmetro econômico de recalque.....	30
Figura 8 – Tela inicial do LENHS/EPANET.	31
Figura 9 - Tela de trabalho de LENHS/EPANET.	32
Figura 10 - Localização de Bananeiras - PB.	33
Figura 11 - Setorização de Bananeiras - PB	34
Figura 12 - Estação de tratamento de água de Bananeiras – PB.	36
Figura 13 – Traçado da rede de distribuição de Bananeiras-PB e Solânea-PB.	39
Figura 14 – Exemplo de nó de cabeceira.....	42
Figura 15 – Exemplo de loteamento não atendido pela rede pública de água.	44
Figura 16 – Definição dos diferentes tipos de áreas de consumo.	47
Figura 17 – Exemplo de nó de centro.	48
Figura 18 – Exemplo de um ponto de entrevista para calibração do modelo.	50
Figura 19 – Tela inicial do EpaCAD.....	51
Figura 20 – Modelagem do SAA de Bananeiras-PB no EPANET 2.0.....	51
Figura 21 – Exportação de dados de entrada do EPANET 2.0 para o Excel.....	52
Figura 22 – Calibração das configurações iniciais do EPANET 2.0.....	53
Figura 23 – Configuração das estações elevatórias no EPANET 2.0.....	53
Figura 24 – Parâmetros para exportação dos resultados no EPANET 2.0 para o Excel.	54
Figura 25 – Zoneamento e traçado das tubulações de Bananeiras.	64
Figura 26 – Esquema com os principais componentes do SAA de Bananeiras.	66
Figura 27 – Fotografias da EEAT1 e RE1.	66
Figura 28 – Exportação do arquivo PDF para o AutoCAD das curvas de nível.....	67
Figura 29 – Compatibilização das camadas (limite, curvas de nível e traçado do SAA) de Bananeiras.	68

Figura 30 – Organização das tabelas do Excel.	69
Figura 31 – Redução dos pontos de consumo.	70
Figura 32 – Esquema do uso das vazões de projeto de um SAA.	74
Figura 33 – Parte da modelagem do sistema de bananeiras no EPANET.....	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição populacional de Bananeiras – PB.	35
Gráfico 2 – Comparativo do índice de hidrometação em Bananeiras.....	56
Gráfico 3 – Comparativo do índice de perdas de faturamento em Bananeiras.	57
Gráfico 4 – Comparativo da rede de água por ligação em Bananeiras.	58
Gráfico 5 – Comparativo do consumo médio per capita em Bananeiras.....	59
Gráfico 6 – Comparativo do índice de perdas na distribuição em Bananeiras.	60
Gráfico 7 – Comparativo do índice de atendimento de água em Bananeiras.	61
Gráfico 8 – Crescimento populacional de Bananeiras.....	61
Gráfico 9 – Comparativo de intervalos de carga hidráulica para o modelo SINISA...84	
Gráfico 10 – Comparativo de intervalos de carga hidráulica para o modelo CAGEPA.	85
Gráfico 11 – Comparativo de intervalos de pressão para o modelo SINISA.	86
Gráfico 12 – Comparativo de intervalos de pressão para o modelo CAGEPA.	87
Gráfico 13 – Comparativo de intervalos de vazão para o modelo SINISA.	88
Gráfico 14 – Comparativo de intervalos de vazão para o modelo CAGEPA.	88
Gráfico 15 – Comparativo de intervalos de velocidade para o modelo SINISA.....	89
Gráfico 16 – Comparativo de intervalos de velocidade para o modelo CAGEPA.....	90
Gráfico 17 – Comparativo de intervalos de perda de carga para o modelo SINISA..	91
Gráfico 18 – Comparativo de intervalos de perda de carga para o modelo CAGEPA.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantificação de doenças por veiculação hídrica.....	19
Tabela 2 – Separação dos valores fornecidos pelos veículos de consulta.	37
Tabela 3 - Densidade demográfica.....	38
Tabela 4 – Zoneamento do município de Bananeiras.	62
Tabela 5 – Resumo das macrozonas alta e baixa do município de Bananeiras.....	64
Tabela 6 – Resumo dos tipos de tubos existentes no SAA de Bananeiras.	65
Tabela 7 – Quadro resumo do consumo da população para os dois cenários.	71
Tabela 8 – Quadro resumo das populações das macrozonas.....	72
Tabela 9 – Quadro resumo dos parâmetros para o cálculo das vazões de projeto. ...	73
Tabela 11 – Quadro resumo das demandas por macrozona e nó.	75
Tabela 12 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós de cabeceira.	76
Tabela 13 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós genéricos. ...	78
Tabela 14 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós genéricos com vazamento.....	81
Tabela 15 – Quadro resumo da marcha de cálculo dos valores a serem colocados no EPANET.....	82

SUMÁRIO

1.0 – INTRODUÇÃO	16
2.0 – OBJETIVOS	18
2.1 – Objetivo geral.....	18
2.2 – Objetivos específicos	18
3.0 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 – Redes de abastecimento de água	18
3.2 – Legislação referente ao sistema de abastecimento de água	20
3.3 – Tipos de rede de abastecimento	21
3.4 – Critérios hidráulicos	27
3.4.1 – Diâmetro máximo e mínimo	27
3.4.2 – Velocidade máxima e mínima	27
3.4.3 – Pressão máxima e mínima.....	27
3.4.4 – Perda de carga máxima	28
3.6 – Ferramental utilizado	28
3.6.1 – Método Pimentel Gomes.....	28
3.6.2 – Método PNL 2000	29
3.6.3 – O EPANET	30
4.0 – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
4.1 – Localização e acesso.....	32
4.2 – Território e ambiente	33
4.3 – Economia e trabalho	34
4.4 – População e saúde	34
4.5 – Análise da rede existente de abastecimento de água.....	35
5.0 - METODOLOGIA.....	36
5.1 – Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Bananeiras – PB.....	36
5.2 – Zoneamento adotado.....	38
5.3 – Traçado da rede existente	38
5.4 – Levantamento planialtimétrico	40
5.5 – Compatibilização de projetos.....	40
5.5.1 – Autocad	40
5.5.2 – Excel	41
5.6 – Simplificações de projeto	41
5.6.1 – Redução dos pontos de consumo da rede.....	41
5.6.2 – Uso de simulações estáticas	42
5.7 – Estimativa do consumo per capita da área abastecida.....	43

5.8 – Estimativa de população da área abastecida	43
5.9 – Estimativa das vazões de projeto	44
5.10 – Demanda de água	45
5.10.1 – Demanda de água dos nós	45
5.10.2 – Demanda de água de nó agrupado.....	46
5.10.3 – Demanda de água escalonada de nó genérico	46
5.10.4 – Demanda máxima da macrozona.....	48
5.10.5 – Demanda média da macrozona	49
5.10.6 – Demanda mínima da macrozona	49
5.11 – Análise in LOCO do sistema de abastecimento	49
5.12 – Processamento da rede de abastecimento.....	50
5.12.1 – Exportação para o EPANET	50
5.12.2 – Resgate e análise dos dados de processamento.....	54
6.0 – ANÁLISE DE RESULTADOS.....	55
6.1 - Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Bananeiras – PB.....	55
6.1.1 – Índice de hidrometação	55
6.1.2 – Índice de perdas de faturamento.....	56
6.1.3 – Extensão da rede de água por ligação.....	57
6.1.4 – Consumo médio per capita	58
6.1.5 – Índice de perdas na distribuição.....	59
6.1.6 – Índice de atendimento de água	60
6.2 – Zoneamento adotado.....	62
6.3 – Traçado da rede existente	64
6.4 – Levantamento Planialtimétrico.....	67
6.5 – Compatibilização de Projetos	68
6.5.1 – Autocad	68
6.5.2 – Excel	69
6.6 – Simplificações de Projeto.....	69
6.6.1 - Redução dos pontos de consumo da rede.....	69
6.6.2 – Uso de Simulações Estáticas.....	70
6.7 – Estimativa do consumo per capita da área abastecida.....	71
6.8 – Estimativa de população da área abastecida	71
6.9 – Estimativa das vazões de projeto	72
6.10 - Demanda de água	74
6.10.1 – Demanda de água dos nós	74
6.10.2 – Demanda de água por nó agrupado.....	75

6.10.3 – Demanda de água escalonada por nó genérico.....	76
6.10.4 – Demanda máxima da macrozona.....	78
6.10.5 – Demanda média da macrozona	79
6.10.6 – Demanda mínima da macrozona	79
6.11 – Análise in LOCO do sistema de abastecimento	80
6.12 – Processamento da rede de abastecimento.....	83
6.12.1 – Exportação para o EPANET	83
6.12.2 – Resgate e análise dos dados de processamento.....	83
7.0 – CONCLUSÃO.....	93
8.0 – REFERÊNCIAS.....	95

1.0 – INTRODUÇÃO

A agenda de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), representa um plano global entre os 193 países membros para eliminar a pobreza extrema e a fome, além de oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas até 2030 (UNICEF, 2024). O documento oficializa 17 metas principais, entre as quais está a ODS 6, que viabiliza o acesso à água potável e ao saneamento básico para todos. Os serviços de saneamento básico representam o conjunto de infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas que devem atender toda a população, como bem define a Agência Nacional de Águas (ANA).

Cerca de 26% da população global não tem acesso à água potável, aproximadamente 2 bilhões de pessoas sendo o continente africano líder desse quesito (UNESCO, 2023). Por outro lado, dados de 2022 mostraram que 84,9% da população brasileira foi atendida com rede de abastecimento de água totalizando 171 milhões de brasileiros (SINISA, 2022). O acesso à água potável é um direito fundamental, garantido pela Constituição Federal de 1988 e uma ferramenta estratégica essencial para o desenvolvimento da qualidade de vida no país (TRATA BRASIL, 2023).

Estima-se um consumo médio nacional de 148,2 l/hab/dia, com um total de 64,4 milhões de ligações de água, entretanto, há uma perda de quase 40% na distribuição hídrica a um custo de expansão e manutenção de quase R\$10 bilhões ao ano (SINISA, 2022). Apesar dos dados evidenciados, um relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) apresentado em 2015 recomenda 110 l/hab/dia como consumo suficiente para atender às necessidades básicas de uma pessoa. Posto isso, fica evidente que o Brasil supera o consumo médio diário, como também apresenta uma perda na distribuição superior à média de 20% observada nos países desenvolvidos.

Em relação à média nacional, a Paraíba apresenta um consumo médio de 106,67 l/hab/dia estando abaixo do consumo médio nacional e com 76,99% da população atendida, dado também inferior aos 84,92% de distribuição desse recurso no país, além de perdas na distribuição estimadas em 37,01% estando contabilizados

218 municípios atendidos dos 223 existentes deixando a Paraíba consideravelmente distante da meta de universalização da distribuição de água (SINISA, 2022). Apesar dos avanços referentes ao atendimento do sistema de abastecimento e distribuição de água nacional das últimas décadas, que foram impulsionados com o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) lançado em 1971, além da Lei do Saneamento Básico e do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), ambos de 2007 e o PAC 2 de 2011, até o novo marco legal do saneamento básico de 2020, o Brasil ainda enfrenta desafios para universalizar o acesso à água.

Em função do extenso território brasileiro, assim como sua população superior a 200 milhões de pessoas, o Ministério das Cidades (2020) implementou o novo marco legal do saneamento básico, que estabeleceu metas até 2033 para que todos os 5.570 municípios atendam a 99% da população com água potável, a partir do incentivo à entrada do setor privado e o estímulo à regionalização do serviço. Isso tem sido verificado atualmente em empresas privadas, como a AEGEA que tem prestado serviços de saneamento em grandes cidades brasileiras, como Manaus-AM, Teresina-PI e Balneário Camboriú-SC.

Com o crescimento da população, urbanização e verticalização das cidades, tem crescido a necessidade de se monitorar o comportamento das redes de abastecimento de água com vista à expansão e manutenção, desta forma, ferramentas como o EPANET, desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) e tendo sua primeira versão lançada em 1993 tem se mostrado muito útil quanto à análise e o comportamento das redes, devido ao seu ponto de vista funcional e sua interface amigável (AGENCY, 2002).

Logo, o presente trabalho objetiva analisar o sistema de abastecimento de água público urbano do município de Bananeiras-PB, a partir da modelagem hidráulica no EPANET, com dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SINISA).

2.0 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo geral

Modelar a rede de abastecimento de água pública urbana do município de Bananeiras-PB por meio do EPANET 2.0, a partir da versão do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

2.2 – Objetivos específicos

Para enriquecer o trabalho definiram-se três objetivos específicos:

- Executar simulações estáticas da rede de abastecimento de água a partir dos dados do SINISA (2022) e analisar os parâmetros de carga hidráulica e pressão para os nós e vazão, velocidade e perda de carga para os trechos durante os principais momentos do dia: horário de maior consumo, consumo médio e horário de menor consumo;
- A partir de dados cedidos pela CAGEPA (2024), executar outras simulações estáticas, analisar e comparar a modelagem anterior observando os mesmos para os nós e para os trechos;
- Calibrar a simulação estática do EPANET com situações reais de falta de pressão, vazamentos ou mesmo não utilização da rede, a fim de construir um modelo mais atual e eficiente.

3.0 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – Redes de abastecimento de água

A falta de saneamento básico é um problema humanitário recorrente e preocupante, onde a sua prevalência pode corroborar para o surgimento de outras situações adversas, uma delas é a questão das doenças ocasionadas por veiculação hídrica. Dados do DATASUS DE 2022 mostraram que o Brasil apresentou mais de 191 mil internações por doenças relacionadas à falta de saneamento básico, provocando gastos que envolvem cerca de R\$ 87 milhões em despesas com hospitalizações associadas a diarreia, febre amarela, dengue, leptospirose, malária e

esquistossomose. Dentre as regiões mais afetadas, o Nordeste se destaca com o pior resultado, conforme é mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Quantificação de doenças por veiculação hídrica.

Localidade	População total (pessoas) (IBGE) (2022)	Internações totais por doenças de veiculação hídrica (Número de internações)	Despesas com internações por doenças de veiculação hídrica (R\$)
Brasil	203.080.756	191.418	87.681.656,99
Região Norte	17.354.884	32.485	12.399.115,69
Região Nordeste	54.658.515	75.359	31.768.717,25
Região Sudeste	84.840.113	36.330	21.811.298,96
Região Sul	29.937.706	23.937	11.649.511,16
Região Centro-Oeste	16.289.538	23.307	10.053.013,93

Fonte: Instituto Trata Brasil (2022).

Como regra geral, o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é a primeira etapa do saneamento básico a ser implementada numa localidade.

O SAA é formado principalmente pelos seguintes constituintes, conforme Tsutiya (2006):

1 - Manancial: trata-se do corpo hídrico superficial ou subterrâneo de onde é extraída a água para o abastecimento. Deve atender a padrões de qualidade mínimos, de acordo com a Portaria GM/MS Nº 888 e de ter vazão suficiente para atender a população durante o período de projeto.

2 - Captação: refere-se as estruturas e dispositivos de engenharia, que permitem a captação de água, em que os tipos e tamanhos dependem do manancial em estudo.

3 - Estação Elevatória: conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar a água para a unidade seguinte. Normalmente, há estações elevatórias de água bruta e água tratada, como também dispositivos menores chamados “booster”, que aumentam a vazão e/ou pressão em adutoras.

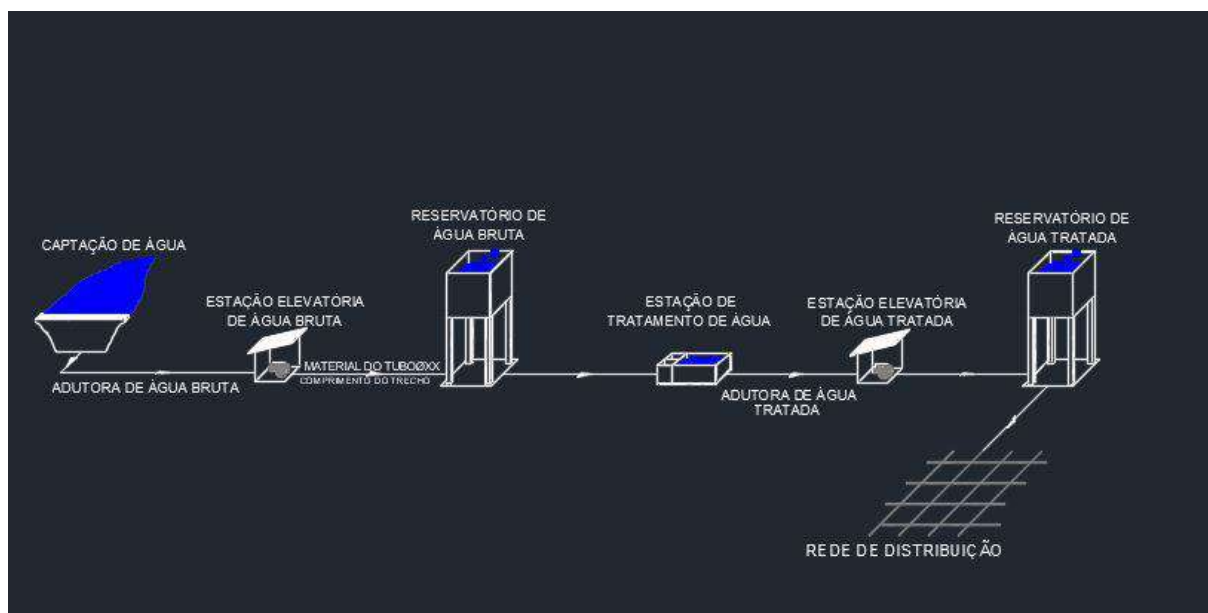
4 - Adutora: conjunto de tubos que conduz a água entre as unidades do sistema que precedem a rede de distribuição.

5 - Estação de Tratamento de Água: conjunto de unidades que objetiva tratar a água de modo a deixá-la adequada para consumo humano e animal.

6 - Reservatório: destina-se a armazenar água de modo a regularizar as vazões e pressões da rede durante as diferentes demandas do dia.

7 - Rede de Distribuição: trata de tubulações e acessórios de menor diâmetro destinados a distribuir a água produzida pelo sistema, de forma contínua e com pressão e vazão adequadas.

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



Fonte: Autoria Própria (2025).

3.2 – Legislação referente ao sistema de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água possui normas técnicas regulamentadoras que viabilizam a qualidade, eficácia e padronização desses sistemas, em grande servem para garantir a qualidade, eficácia e padronização desses sistemas, em grande parte regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com edições dos últimos anos. Essas conformações contribuem para a eficiência das inúmeras etapas de projeto, construção, operação e manutenção do sistema.

As principais normas relacionadas a esse tipo de serviço são:

ABNT-NBR 12.211 (1992) – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água;

ABNT-NBR 12.212 (1992) – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea;

ABNT-NBR 12.213 (1992) – Projeto de Captação de Água para Abastecimento Público;

ABNT-NBR 12.214 (1992) – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público;

ABNT-NBR 12.215 (2017) – Projeto de Adutora de Água, Parte 1 – Conduto Forçado;

ABNT-NBR 12.216 (1992) – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público;

ABNT-NBR 12.217 (1994) – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público;

ABNT-NBR 12.218 (2017) – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público – Procedimento;

ABNT-NBR 12.218 (1994) – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público.

3.3 – Tipos de rede de abastecimento

As redes de abastecimento de água são compostas em grande parte por tubulações pressurizadas que distribuem água para os pontos de consumo de uma determinada área (seja ela urbana ou rural), com vazão e pressão adequadas para a eficiência no serviço de distribuição (Gomes, 2019).

A rede de distribuição é, em geral, o componente mais oneroso do sistema, representando cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras de abastecimento. Em contrapartida, as redes de distribuição por estarem enterradas sob vias públicas, não estão sob constante vigilância, e o acesso a elas pode ser difícil e, em alguns

casos, extremamente complexo. No entanto, apesar das dificuldades, as redes de distribuição devem receber especial atenção, tanto para garantir a qualidade da água quanto para mitigar as perdas ao longo da malha, como referido por Tsutiya (2006).

As malhas de distribuição de água são compostas, normalmente, por duas partes principais:

Canalização principal: também conhecida por conduto tronco, é formada por tubulações de maior diâmetro, em que esse tipo de conduto fica disposto em locais de maior consumo e é responsável por abastecer as canalizações secundárias;

Canalização secundária: possui menor diâmetro quando comparado a canalização principal e tem origem a partir da canalização principal. A partir dela, são feitas as ligações prediais que abastecem os consumidores.

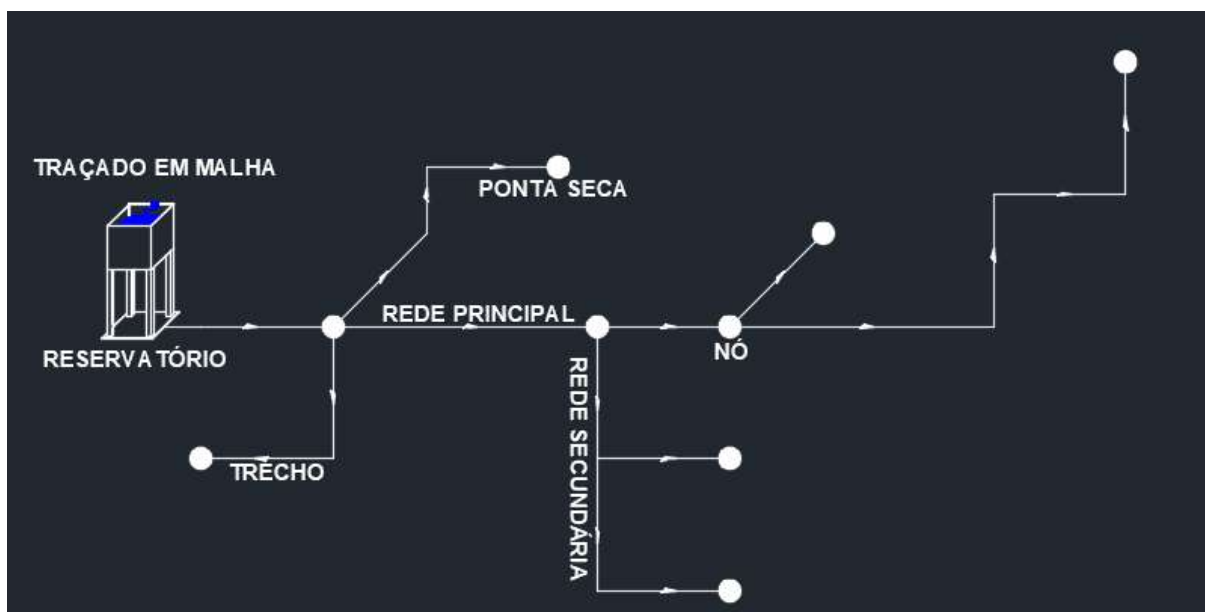
O planejamento do sistema de tubulação deverá estar sujeito a modificações para atender as configurações exigidas pelos tipos de rede de abastecimento. Para tanto, o projeto de um sistema de abastecimento de água numa determinada cidade deve vir composto por várias redes de distribuição separadas por zonas de pressão, setores e distritos de monitoramento e controle, como explica Gomes (2019).

Com base na disposição dos trechos, estes podem estar posicionados de forma a terminar em extremidades independentes ou no início de outros trechos. Dessa maneira, também é possível formar circuitos fechados, cuja configuração varia de acordo com a área a ser saneada e as características dos arruamentos, conforme explica Medeiros (2015).

A seguir estão citados os principais tipos de traçado das redes, segundo TSUTIYA (2006):

Rede ramificada: neste caso, o abastecimento se faz a partir de uma tubulação tronco, que é alimentada por um reservatório ou estação elevatória, e a distribuição da água é feita diretamente para os condutos secundários. Essa situação é recomendada quando as condições topográficas da região não permitirem o traçado da rede malhada. A rede ramificada divide-se em:

Figura 2 - Esquema de uma rede de distribuição de água malhada.

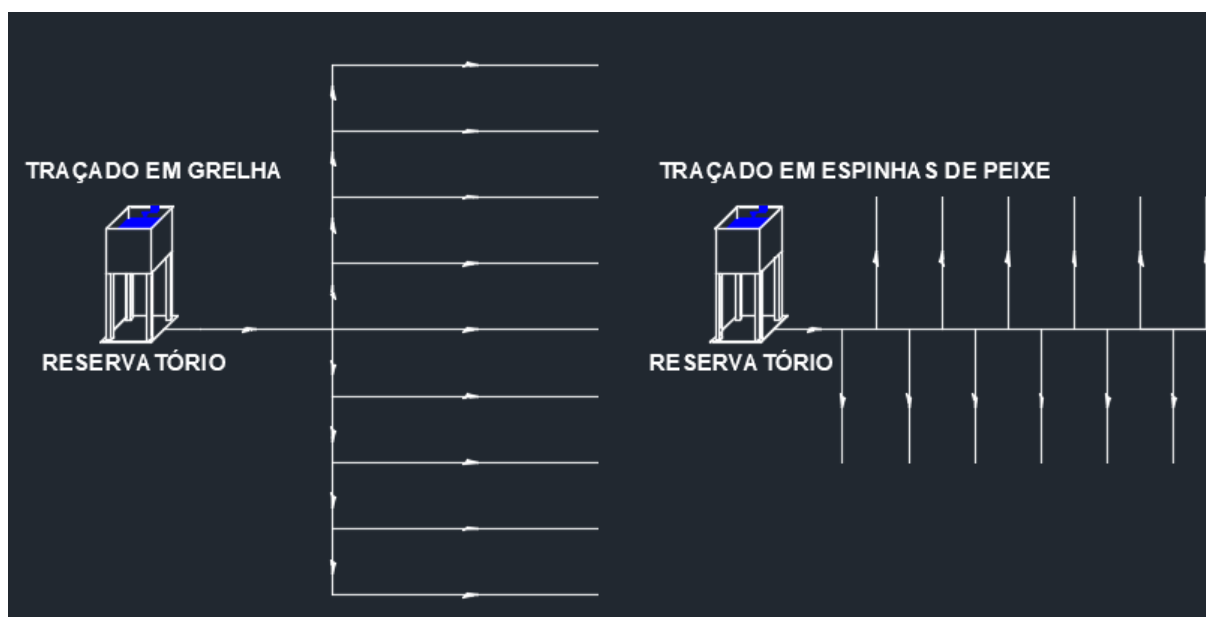


Fonte: Autoria Própria (2025).

Espinha de peixe: é um traçado utilizado para o abastecimento de áreas com desenvolvimento linear, onde a partir de um conduto principal, derivam-se os secundários, como é mostrado na Figura 3:

Grelha: consiste em um traçado paralelo, que é ligado e abastecido por um conduto principal que é ligado e abastecido por um conduto principal (Figura 3):

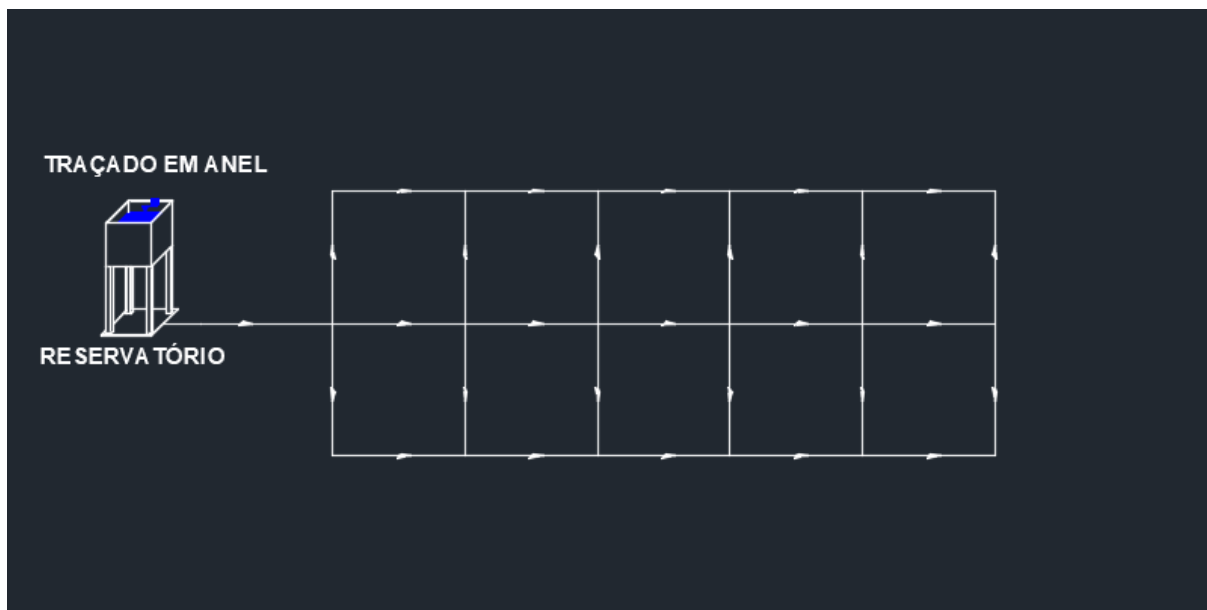
Figura 3 – Esquema de uma rede de distribuição de água em grelha e em espinha de peixe.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Rede malhada: é formada por tubulações principais que formam anéis ou blocos, onde é possível abastecer o mesmo ponto de consumo a partir de diferentes caminhos, permitindo uma maior flexibilidade de operação, manutenção e atenuando a interrupção do fluxo da água. A rede malhada divide-se em:

Figura 4 – Esquema de uma rede de distribuição de água em anel.



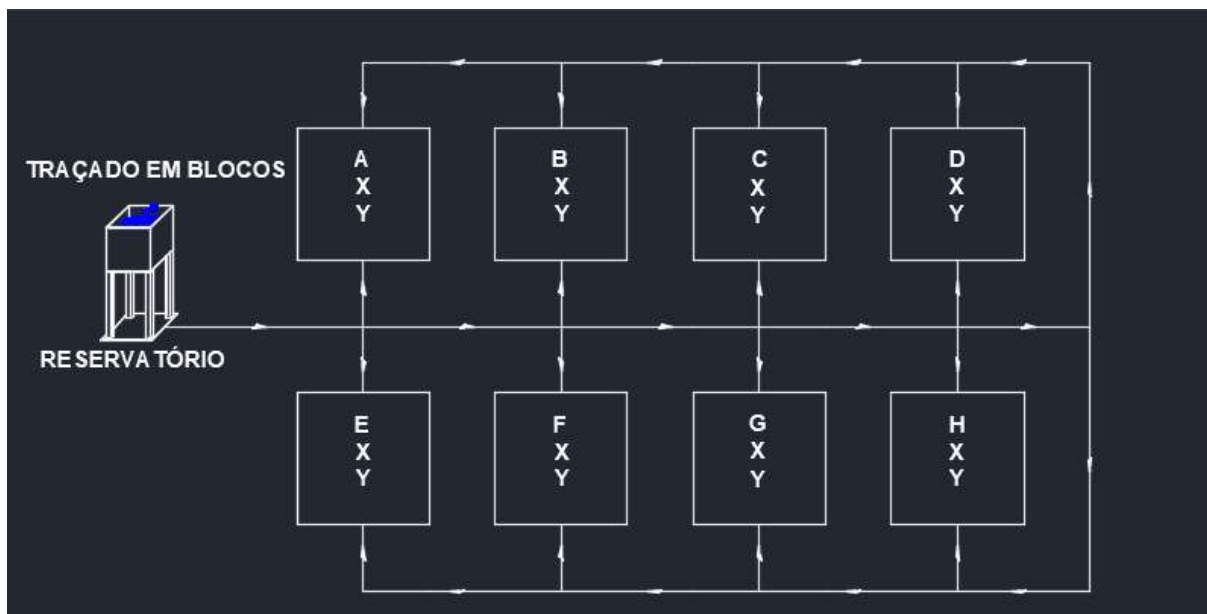
Fonte: Autoria Própria (2025).

Anéis: é a metodologia mais comum, apresenta bom funcionamento desde que esteja adequadamente dimensionada, potencializando o equilíbrio de energia e massa nos nós.

Nesse tipo de rede, a forma de medição de vazões é mais trabalhosa devido ao número de registros ser maior;

Bloco: é uma boa alternativa para o controle de perdas, pois as redes internas aos blocos são alimentadas por dois pontos, o que favorece a medição de vazões e o controle das perdas. Os blocos maiores são implantados levando-se em conta às vias principais, rios, vazão demandada, configuração da rede existente, reservatórios e estações elevatórias. Quanto aos blocos médios e pequenos, esses são subdivididos conforme a situação para atender as demandas de operação, manutenção e condições topográficas.

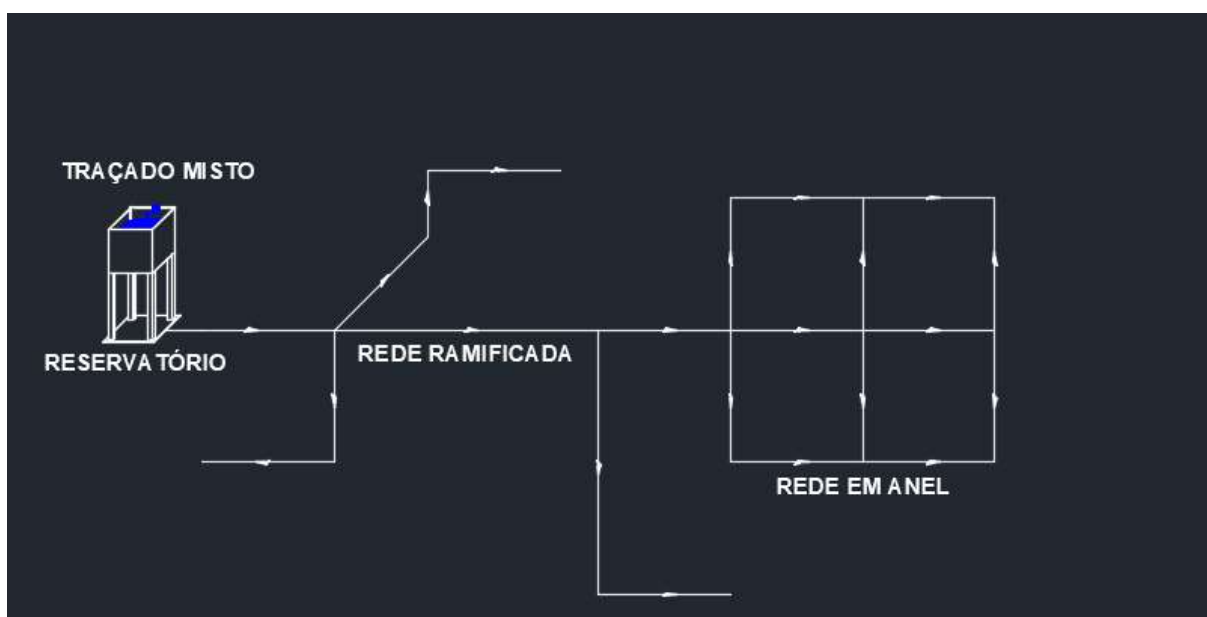
Figura 5 – Esquema de uma rede de distribuição de água em blocos.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Rede Mista: é formada a partir da associação entre redes malhadas e ramificadas.

Figura 6 – Esquema de uma rede de distribuição de água mista.



Fonte: Autoria Própria (2025).

3.4 – Critérios hidráulicos

Em função das diversas variáveis que devem ser consideradas na elaboração de uma rede de abastecimento (diâmetro, velocidade, perda de carga e pressão), foram implementadas diferentes normas técnicas e recomendações de autores para a atribuição de um limite superior e inferior de serviço para esses parâmetros, a fim de garantir o adequado funcionamento dos sistemas, (Gomes, 2019). A seguir estão demonstrados alguns exemplos de utilização desses limites superior e inferior:

3.4.1 – Diâmetro máximo e mínimo

Com o intuito de tornar a rede mais eficiente, no que se refere à redução da perda de carga, menor consumo de energia e diminuição dos custos de implantação, os diâmetros da rede devem ser maiores que um diâmetro mínimo adotado e menores que um diâmetro máximo estimado (Gomes, 2019).

A NBR 12.218 (1994) recomenda usar o diâmetro de 50mm para os condutos secundários, e ao longo dos condutos principais com diâmetro superior a 300mm, deve-se prever condutos secundários na distribuição.

3.4.2 – Velocidade máxima e mínima

Em consonância aos limites superior e inferior dos principais critérios hidráulicos, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s e a máxima de 3,5 m/s. A NBR 12.218 (1994) argumenta que esses limites se referem às demandas máximas diárias ao início e ao final da etapa de execução da rede, onde uma velocidade muito baixa aumenta as chances da água ser contaminada por ocasionais partículas do solo que podem penetrar entre as juntas do tubo, bem como velocidades altas podem ocasionar os fenômenos de golpe de aríete, que é a variação de pressão que ocorre em uma tubulação como consequência de mudança na velocidade média devido a uma manobra relativamente brusca dos registros (Porta, 2006).

3.4.3 – Pressão máxima e mínima

As tubulações das redes de abastecimento estão constantemente sujeitas a esforços hidráulicos internos, oriundos de pressões estáticas e dinâmicas e por

possíveis sobrepressões e depressões originadas dos transientes hidráulicos (Gomes, 2019).

A NBR 12.218 (1994) recomenda que a rede deve ser subdividida em zonas de pressão, onde a pressão estática máxima será de 50 metros coluna de água (mca) e a pressão estática mínima de 10 mca, podendo-se admitir valores superiores e inferiores a estes desde que técnica e economicamente justificados pelo projetista. Trechos de condutos principais que não abastecem consumidores ou tubulações secundárias não estão sujeitos aos limites de pressão, mas devem ser verificados quanto à estabilidade estrutural e à segurança sanitária.

3.4.4 – Perda de carga máxima

É importante considerar a perda de carga que existe ao longo da rede de distribuição, seja a perda contínua ou localizada, em que deve ser considerado o efeito do envelhecimento do material até um horizonte de projeto de 20 a 30 anos e admite-se um limite máximo de 10 mca por km de rede, para evitar desperdício do potencial hidráulico do conjunto elevatório e assegurar que a água chegue a uma pressão adequada até o consumidor final (NBR 12.218, 1994).

3.6 – Materiais e Métodos

3.6.1 – Método Pimentel Gomes

O processo de cálculo para a determinação das variáveis hidráulicas inerentes ao dimensionamento de uma rede malhada de distribuição de água é indeterminado e admite inúmeras soluções tecnicamente viáveis. Segundo Gomes (2019), o dimensionamento de uma rede malhada consiste em resolver analiticamente o conjunto de equações e inequações de equilíbrio de massa e energia, servindo como uma alternativa à metodologia de Hardy Cross (1936), em que a rede pode ser dimensionada a partir do equilíbrio hidráulico do fluxo de água nos diversos anéis do sistema de distribuição.

Nesse dimensionamento, cabe ao projetista efetuar diversas simulações para decidir qual a solução mais econômica para as condições de operação, em função da metodologia admitir inúmeras soluções que dependam da altura manométrica de

alimentação e das vazões nos trechos da rede, devido ao problema do fluxo de água em redes de abastecimento ser hidráulicamente indeterminado. Portanto, o autor explica que a metodologia Pimentel Gomes utiliza técnicas de pesquisa operacional na determinação das variáveis hidráulicas do problema de dimensionamento de redes, dividindo-se em duas etapas. Na primeira, faz-se um pré-dimensionamento do sistema, no qual os diâmetros, as vazões nos trechos e a altura manométrica de alimentação são variáveis contínuas a serem determinadas pelo processo de busca de uma solução hidráulicamente viável a partir das condições de contorno de equilíbrio de massa e energia nos nós determinados. Esta etapa posteriormente precisa ser ajustada manualmente para que os diâmetros coincidam com os comerciais disponíveis mais próximos. Na segunda etapa, os diâmetros não mais são variáveis de uma solução para o dimensionamento da rede que atenda a todas as restrições impostas, entretanto as vazões nos trechos continuam como variáveis, enquanto a altura manométrica de alimentação poderá ser fixa ou variável, dependendo das simulações a serem efetuadas pelo projetista.

A metodologia empregada utiliza um processo de busca, para a determinação das variáveis do problema, através do modelo matemático da programação não linear, atendendo a todas as restrições hidráulicas de fluxo de água em regime permanente nas redes de distribuição.

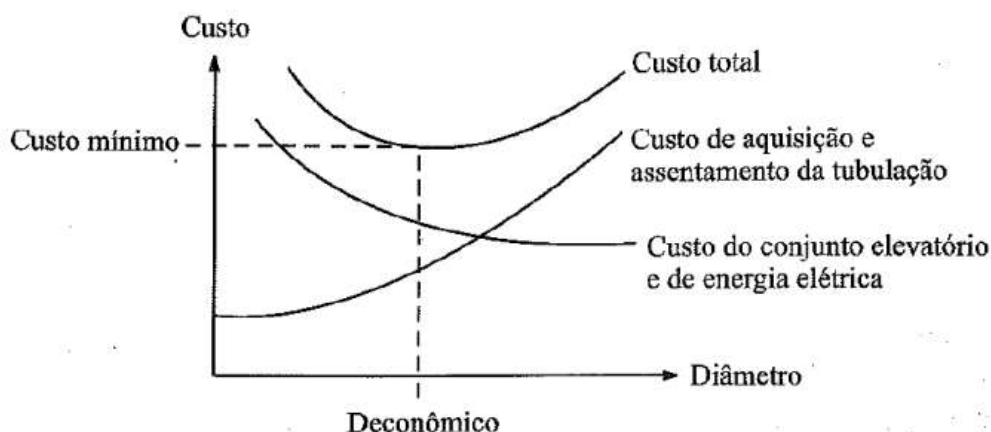
3.6.2 – Método PNL 2000

O Método de Programação Não Linear, ou PNL 2000 trabalha com o sistema de investimento mínimo e otimização econômica, em que objetiva diminuir o custo de instalação (aquisição de material, escavações e aterros, etc) e o custo de operação (manutenção e eletricidade), podendo-se aplicar a redes malhadas, ramificadas ou mistas (Gomes, 2019).

Gomes (2019) descreve a metodologia do PNL 2000 quanto a utilização de um modelo matemático de programação interativa não linear, que é dividido em duas etapas formando o pré-dimensionamento e o ajuste da solução inicial obtida. Na primeira parte, variáveis como vazão dos trechos e altura manométrica são determinadas na parte de otimização. Em seguida, com os resultados obtidos, executa-se uma segunda etapa, na qual se realiza um ajuste da solução inicialmente

obtida. Esse ajuste é necessário porque os valores dos diâmetros encontrados não coincidem com os calibres nominais disponíveis no mercado, onde se faz necessário ajustar manualmente os diâmetros ao comercial disponível mais próximo. Além disso, o autor descreve que essa otimização contribui para minimizar a soma dos custos de implantação da rede e de sua operação, que é representada pela tarifa de energia de bombeamento, onde os valores com a implementação da rede são denominados gastos fixos, enquanto o capital com a operação e a manutenção são variáveis e incidem ao longo do alcance do projeto, o esquema das curvas de custos pode está demonstrada na Figura 7.

Figura 7 – Curva de diâmetro econômico de recalque.



Fonte: Gomes (2019).

3.6.3 – O EPANET

Gomes (2019) explica que o EPANET é um programa computacional que permite simular o comportamento hidráulico de um sistema pressurizado de distribuição de água ao longo do tempo. O sistema pode ser composto por uma rede de tubulações (malhada ou ramificada), estações de bombeamento, diversos tipos de válvulas e reservatórios de nível fixo ou variável, também sendo capaz de analisar o comportamento de alguns parâmetros da água referentes a sua qualidade ao longo da rede de distribuição. A Figura 8 apresentada a seguir é a tela inicial de abertura do EPANET.

Figura 8 – Tela inicial do LENHS/EPANET.



Fonte: LENHS (2011).

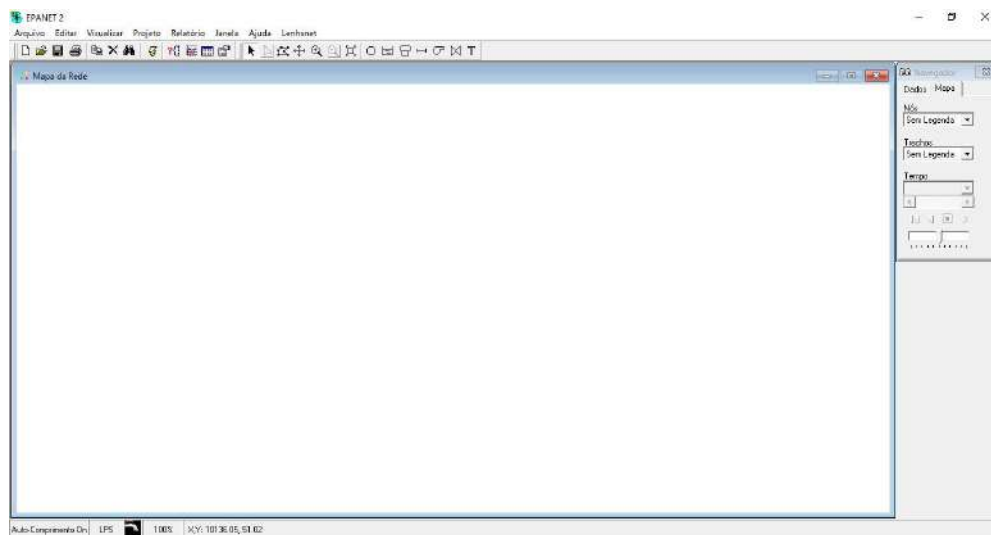
O programa é mencionado com seu funcionamento em ambiente Windows permitindo a entrada de dados iniciais da rede de abastecimento, execução de simulações hidráulicas e de qualidades estáticas e dinâmicas, bem como a edição dos resultados em vários formatos (visualização de mapas da rede, tabelas de dados, gráficos e séries temporárias) e com exportação possível para softwares de análise de dados, como o Excel. A Figura 9 demonstra a tela de trabalho do EPANET.

O EPANET apresenta incontáveis ferramentas visando auxiliar na modelagem e na tomada de decisão, onde é importante mencionar:

- a) Os parâmetros podem ser modelados livremente quanto à quantidade de elementos presentes na rede;
- b) Cálculo da perda de carga utilizando relações como Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- c) Inclui perdas de carga pontuais em conexões;
- d) Simula estações elevatórias com velocidade de rotação simples ou variável;
- e) Calcula o total de energia elétrica gasto e seu custo na moeda local;
- f) Modelagem dos principais tipos de válvulas, tais como retenção, reguladores de pressão e vazão etc;
- g) Modelagem de reservatórios de armazenamento de água de nível fixo ou variável;

- h) Permite estabelecer diferentes padrões de consumo;
- i) Modela a relação entre pressão e vazão efluentes de dispositivos emissores (aspersores de irrigação ou consumos dependentes da pressão);
- j) Possibilita a simulação com diversas regras.

Figura 9 - Tela de trabalho de LENHS/EPANET.



Fonte: LENHS (2011).

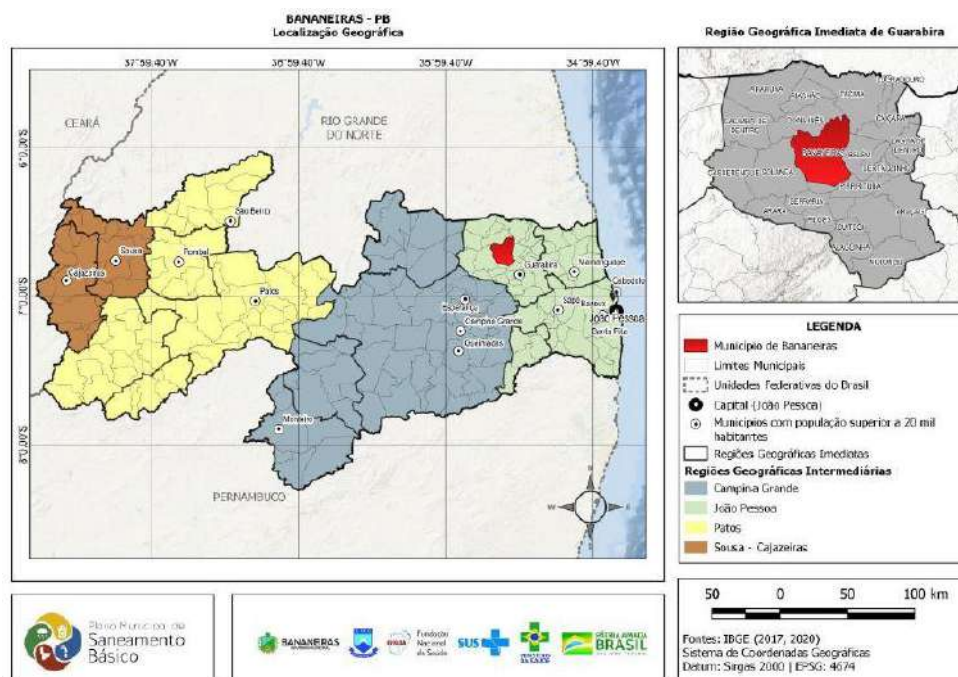
4.0 – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados referentes a localização e acesso, território e ambiente, economia e trabalho, bem como população e saúde foram todos extraídos do Portal das Cidades, um site alimentado pela base de dados do IBGE do Censo de 2022.

4.1 – Localização e acesso

O município de Bananeiras localiza-se na Serra da Borborema, região do Brejo paraibano, a 127 km de João Pessoa e com altitude de 526 metros. Bananeiras apresenta um clima mais ameno que a média do agreste paraibano (22,3°C) e coordenadas geográficas de 6°45'00"S (Latitude) e 35°37'58"W (Longitude). A região tem seu limite com Dona Inês ao Norte, Borborema ao Sul, Solânea ao Oeste e Belém ao Leste, e seu acesso ocorre especialmente pelas rodovias estaduais PB 105 e PB 103. A Figura 10 demonstra a localização de Bananeiras-PB a partir de uma mapa retirado do Plano Municipal de Saneamento Básico, elaborado em 2020.

Figura 10 - Localização de Bananeiras - PB.

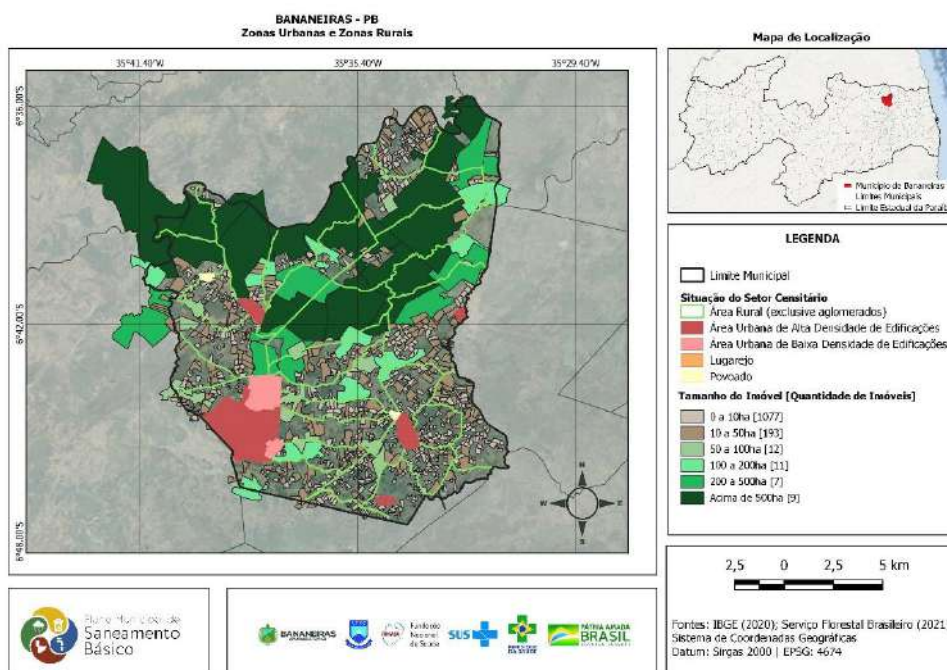


Fonte: PMSB Bananeiras (2020).

4.2 – Território e ambiente

Em 2022, a área do município era de aproximadamente 255 km², inserida na região imediata de Guarabira e mesorregião do Agreste Paraibano. Apresenta uma área urbanizada de 6,53 km² e possui cerca de 26,6% das residências com esgotamento sanitário adequado, 94,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 10,5% desses domicílios possuem urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Não há uma quantificação do percentual da população exposto a algum risco (deslizamento, alagamento etc). Grande parte do território possui uma urbanização dispersa, com poucas residências e lotes com grandes dimensões, enquanto a área mais densamente povoada está situada a sudoeste.

Figura 11 - Setorização de Bananeiras - PB



Fonte: PMSB Bananeiras (2020).

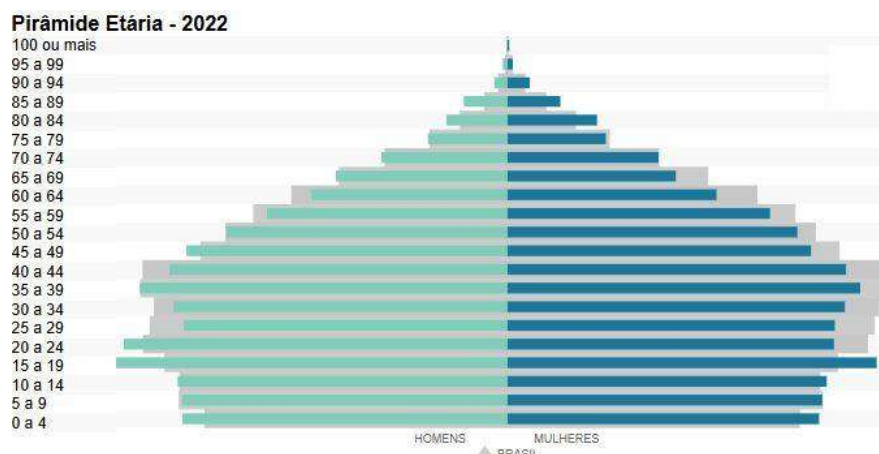
4.3 – Economia e trabalho

Em 2021, o PIB/Capita era de R\$ 13.413,47, com um total de receitas de R\$ 103.576.066,42 e despesas empenhadas de R\$ 107.088.969,00, com um salário médio mensal de 1,8 salários mínimos, 1915 pessoas ocupadas e um total de 54,7% das famílias com um rendimento mensal de $\frac{1}{2}$ salário mínimo per capita, segundo os dados do IBGE.

4.4 – População e saúde

De acordo com o Censo 2022, o município de Bananeiras possui uma população de 23.134 pessoas e uma população estimada para o ano de 2024 de 23.989 pessoas. A densidade demográfica do município é de 90,49 hab/km². A cidade apresentou um aumento significativo da população flutuante nos últimos anos em razão do turismo histórico e festividades, o que provocou um crescimento do ramo imobiliário, elevando para aproximadamente 80 o número de condomínios e loteamentos existentes. Estima-se uma mortalidade infantil de 3,37 óbitos por mil nascidos vivos e 4,3 internações por 100 mil habitantes.

Gráfico 1 – Distribuição populacional de Bananeiras – PB.



Fonte: IBGE (2022).

4.5 – Análise da rede existente de abastecimento de água

Para melhor compreender o funcionamento da malha de abastecimento é cabível descrever o funcionamento do sistema de água anterior à entrada na cidade.

O sistema de abastecimento de água municipal inicia com a captação de água no Reservatório Canafístula II no município de Borborema, utilizando uma Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB-1) com potência de 250cv, transportando uma vazão de 332m³/h e altura manométrica de 129m, a partir de uma tubulação de PVC DeFOFO de 300mm por 4110m até chegar à Estação Elevatória de Água Bruta 2 (EEAB-2), que possui uma potência de 200cv, transportando a mesma vazão em um mesmo tubo, com uma altura manométrica de 95,30m por 456m, até uma adutora com ramificação que segue para Bananeiras e que tem uma demanda de 73m³/h e outra ramificação que abastece localidades como Cacimba de Dentro, Araruna e demais regiões que recebem água do Sistema Integrado Cacimba de Várzea, conforme descrito pela CAGEPA (2023).

A Estação de Tratamento de Água (ETA) possui as etapas básicas do processo de tratamento de água, incluindo a aeração, decantação, filtração e desinfecção, como também acessórios, tais como um medidor de vazão em formato de calha retangular, e também uma chaminé de equilíbrio para atenuar a força do golpe de aríete, (conforme explicado em 3.4.2) caso a bomba pare de funcionar subitamente (CAGEPA, 2023).

Figura 12 - Estação de tratamento de água de Bananeiras – PB.



Fonte: CAGEPA (2024).

5.0 - METODOLOGIA

5.1 – Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Bananeiras – PB

O diagnóstico do sistema de abastecimento de água da cidade de Bananeiras foi realizado com base em arquivos cedidos pela CAGEPA referentes a 2024 (CAGEPA, 2024) e retirados do site do SINISA, com os dados de 2022 (SINISA, 2022). Em função da relativa quantidade de dados necessários à análise, como também do uso desses dois veículos de consulta, a Tabela 2 foi construída com base nos dados fornecidos e demonstra os principais parâmetros iniciais.

Tabela 2 – Separação dos valores fornecidos pelos veículos de consulta.

DESCRIÇÃO	CAGEPA (2024)	SINISA (2022)
Nº ligações (und)	1410	1410
Nº economias (und)	1438,2	1438,2
Economias/ligação	1,02	1,02
Consumo efetivo per capita (l/hab/dia)	128,53	52,86
IP (%)	48,55%	30,34%
Índice de atendimento (%)	22,83%	21,47%
Vazão zona alta (l/s)	4,78	-
Vazão zona baixa (l/s)	6,50	-
População abastecida zona alta (hab)	2237	-
População abastecida zona baixa (hab)	3044	-
População abastecida Total (hab)	5281	-

Fonte: Autoria Própria (2024).

Estabeleceu-se dois cenários de cálculo: o primeiro é baseado nos valores retirados do site do SINISA e o segundo com os dados fornecidos pela CAGEPA. É importante ressaltar que algumas etapas do roteiro de cálculo, como as vazões das macrozonas para o cenário 2, por exemplo, foram dispensados devido a esses valores já terem sido fornecidos pela CAGEPA. Portanto, em algumas etapas do dimensionamento, somente um cenário teve sua discriminação demonstrada, com o outro cenário apenas comentado.

A partir dos dados oficiais do SINISA, foram elaborados comparativos entre a situação do município a nível estadual (Paraíba), regional (Nordeste) e nacional (Brasil). Os indicadores foram selecionados a partir do painel principal do SINISA, a fim de avaliar a atual situação de Bananeiras.

Estabeleceu-se 6 indicadores (índice de hidrometação, índice de perdas de faturamento, extensão da rede de água por ligação, consumo médio per capita, índice de perdas na distribuição e índice de atendimento de água) que dão uma visão geral da atual situação de abastecimento do município. Todos os gráficos demonstrados no item 6.1 foram montados utilizando dados da série histórica do município, estado, região e país analisando o intervalo de 2018 até 2022.

5.2 – Zoneamento adotado

Com o intuito de caracterizar as zonas de pressão, a fim de dividir os diferentes consumos do município foram delimitadas as áreas da região com base no tipo de habitação existente, densidade de empreendimentos e desnível topográfico. Adotaram-se 2 macrozonas principais que dividem a área, sendo a alta (1, 13, 16, 19 e 23) na parte com maior cota topográfica da região e a baixa (2, 5, 6, 24 e 25) localizada na parte menos elevada do município. Com a finalidade de caracterizar o território, foram adotadas todas as zonas como residenciais e somente uma como comercial, e determinou-se a população através dos intervalos demonstrados na Tabela a seguir:

Tabela 3 - Densidade demográfica.

Tipo de Ocupação	Densidade demográfica (hab/ha)	Densidade linear (hab/m)
Área periférica, casas isoladas - lotes grandes	25 - 75	0,15 - 0,50
Casas isoladas, lotes médios e pequenos	50 - 100	0,30 - 0,70
Casas geminadas, predominando 1 pavimento	75 - 150	0,45 - 1,00
Casas geminadas, predominando 2 pavimentos	100 - 200	0,60 - 1,40
Edifícios de apartamentos pequenos	150 - 300	0,90 - 2,00
Edifícios de apartamentos grandes	300 - 900	1,80 - 6,00
Áreas comerciais	50 - 150	0,30 - 1,00
Áreas industriais	25 - 75	0,15 - 0,15
Densidade média	50 - 100	0,30 - 1,00

Fonte: CETESB (1975).

As áreas ainda não atendidas pelo sistema público contam com 15 NOVAS zonas de abastecimento, sendo em grande parte loteamentos que ficaram fora da área urbana do município, conforme pode ser visualizado no APÊNDICE I. Desta forma, 15 zonas de pressão são abastecidas por sistemas independentes da concessionária, tais como poços artesianos e lagoas.

5.3 – Traçado da rede existente

O traçado da rede de abastecimento público de água da cidade de Bananeiras foi cedido pela CAGEPA em formato AutoCAD Shape Source (Figura 14), podendo

ser aberto nos Softwares QGIS e AutoCAD. O arquivo disponibilizado continha além da rede de Bananeiras, a rede do seu município vizinho, Solânea. Neste caso, optou-se por deletar as informações de Solânea e manter no arquivo somente o município em estudo.

Desta forma, a rede considerada possui somente o traçado das tubulações, com um comprimento total de 34.315,73 metros. Vale salientar que o arquivo AutoCAD Shape Source contém as datas em que houve expansão da malha, onde pode-se observar tubos que estão em utilização desde as décadas de 1970, sendo os mais recentes datados de 2022.

Figura 13 – Traçado da rede de distribuição de Bananeiras-PB e Solânea-PB.



Fonte: CAGEPA (2024).

Além dos tubos existentes, há uma Estação de Tratamento de Água (ETA), onde está um Reservatório Elevado (RE-1) que distribui água para a cidade através de uma Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-1), que recalca água para um segundo Reservatório Apoiado (RAP-2) abastecendo a zona baixa da cidade e uma outra Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-2), que bombeia água para o Reservatório Elevado (RAP-3) alimentando a zona alta de Bananeiras (CAGEPA, 2024).

5.4 – Levantamento planialtimétrico

Segundo Gomes (2019), um parâmetro importante para a análise de uma rede de abastecimento é a disposição do terreno, em que a planicidade torna a rede mais simples e barata de se operar, uma vez que não há necessidade de escavações profundas e há um controle de pressão melhor, especialmente nas pontas. Em contrapartida, terrenos mais acidentados tornam a rede mais factível a problemas de pressão, profundidades excessivas e, portanto, maiores cursos operacionais.

Como um recurso para fortalecer os planos diretos de alguns municípios contidos na chamada 'rota do frio', o Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE-PB) lançou o Programa de Defesa do Estatuto das Cidades (DECIDE), que objetiva combater a edificação indiscriminada de imóveis que, sem orientação arquitetônica, enfeiam as cidades e compromete o uso racional do solo prescrito pelo Plano Diretor (TCE, 2019).

São abrangidos pelo levantamento de planialtimetria urbana os municípios de Areia, Alagoa Grande, Alagoa Nova, Arara, Bananeiras, Borborema, Casserengue, Matinhas, Pilões, Remígio, Serraria e Solânea. Foi de interesse para o caso em questão os limites e as curvas de nível do município de Bananeiras, disponibilizadas em duas pranchas A0 em formato PDF, georreferenciados em SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S, ESCALA 1:1000, podendo ser visualizados nos ANEXOS II e III.

5.5 – Compatibilização de projetos

5.5.1 – Autocad

A compatibilização dos projetos foi uma etapa fundamental da análise do SAA de Bananeiras, uma vez que por tratar-se de uma extensa rede de tubulações, uma constante incerteza sobre os locais abastecidos e o não conhecimento do comportamento da rede, poderiam ocasionar uma possível perda ou confusão nos dados referentes aos tubos ao longo do andamento do trabalho.

Desta forma, todos os arquivos recebidos foram exportados para o AutoCAD, em formato .dwg e seguiu-se o roteiro: iniciou-se com o georreferenciamento do arquivo em SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S e o uso da ferramenta do Google Earth para ilustrar com mais detalhes os locais exatos dos tubos e demais componentes

(estações elevatórias e reservatórios), seguido da importação das curvas de nível e dos limites do município em PDF do programa DECIDE, importação da malha de abastecimento do Software QGIS e compatibilização de todas as partes constituintes à escala adequada.

Uma vez que essas três camadas foram inseridas, adicionaram-se a identificação dos nós e trechos da rede, como também os demais componentes do SAA, tais como reservatórios e estações elevatórias. O desenho da rede pode ser observado no APÊNDICE IV.

5.5.2 – Excel

Finalizada a compatibilização no AutoCAD de todos os arquivos recebidos, necessitou-se compila-los em uma planilha eletrônica a fim de organizar e analisar os parâmetros hidráulicos e geográficos necessários ao entendimento do comportamento do sistema. O APÊNDICE V comporta os dados de localização (macrozona, microzona e trecho), tubos (material, diâmetro nominal e comprimento) e nome dos nós (montante e jusante) e cota topográfica dos nós (montante e jusante).

5.6 – Simplificações de projeto

Em função da massiva quantidade de dados disponibilizados, adotaram-se algumas simplificações com o intuito de melhor reunir os dados no EPANET e diminuir as chances de erros e incoerências durante as simulações.

5.6.1 – Redução dos pontos de consumo da rede

Devido à intrincada quantidade de nós na rede, foi necessário fazer algumas simplificações da quantidade de pontos de consumo, para que a compilação de dados fosse mais organizada e metodológica. Utilizou-se a ferramenta do nó de cabeceira, de modo que um único nó que deste se ramificasse para os demais pontos que abastecessem parte de um bairro ou rua, por exemplo, representasse todo o consumo daquela determinada área. Portanto, para um determinado trecho, considerou-se um nó de entrada como o detentor de todo o consumo daquele determinado trecho. Todos os trechos que foram reduzidos para o nó de cabeceira possuem DN50 e foram representados pelo traçado amarelo.

Em consonância ao bom funcionamento do modelo, adotou-se também todo o consumo sendo considerado como per capita doméstico, desta forma, excluiu-se do modelo consumos de indústrias, comércios e público.

Figura 14 – Exemplo de nó de cabeceira.



Fonte: Autoria Própria (2024).

5.6.2 – Uso de simulações estáticas

De acordo com Salvino (2009), as especificações do EPANET 2.0 Brasil Manual do Usuário caracterizam-no como uma ferramenta de grande parametrização de resultados e valores, assim sendo, qualquer erro ou uma leitura equivocada na inserção de dados impede a ferramenta de processar toda a rede como uma estrutura dinâmica. Uma vez visto o desenho da rede, topografia e consumo, foi possível antecipar incontáveis problemas que poderiam impedir o processamento enxuto do EPANET, ocorrendo corriqueiramente pressões superiores às máximas e inferiores às mínimas, respectivamente. Tais problemas não poderiam ser corrigidos ou modificados, devido à adulteração da condição atual da rede, então, selecionaram-se três simulações estáticas: consumo máximo horário, consumo médio e consumo mínimo horário, para que possam ser realizadas as análises dos nós para carga hidráulica e vazão, no caso dos trechos, vazão, velocidade e perda de carga.

5.7 – Estimativa do consumo per capita da área abastecida

A fim de encontrar efetivamente, o consumo per capita médio dos habitantes, foram utilizados os dados da Tabela 2, que se referem tanto às informações disponíveis no site do SINISA, quanto às fornecidas pela CAGEPA. Considerou-se também as perdas na distribuição e calculou-se o consumo total, conforme é apresentado a seguir:

$$q = \frac{q_e}{1 - IP} \quad (1)$$

q : Consumo total (l/hab/dia);

q_e : Consumo efetivo médio (l/hab/dia);

IP : Índice de perdas adotado (%).

Após isso, pode ser encontrado o consumo real desperdiçado pelos habitantes, dado por:

$$q_{desperdício} = q - q_{efetivo} \quad (2)$$

5.8 – Estimativa de população da área abastecida

A estimativa da população abastecida de Bananeiras – PB calculada para a modelagem do SINISA relaciona o índice de atendimento com a população total encontrada a partir do zoneamento artificial executado, conforme demonstrado:

$$Pop. Abastecida Total = Índice de atendimento (\%) \cdot População Total \quad (3)$$

Para calcular a distribuição de consumidores entre a zona alta e a zona baixa, fez-se o seguinte esquema com a utilização das populações artificiais, uma vez que são as únicas duas macrozonas que recebem água da concessionária:

$$População Abastecida Zona Alta = \frac{População Total Zona Alta}{População Total Zona Alta + Baixa} \cdot População Abastecida Total \quad (4)$$

$$População Abastecida Zona baixa = \frac{População Total Zona Baixa}{População Total Zona Alta + Baixa} \cdot População Abastecida Total \quad (5)$$

No caso da CAGEPA, os valores das equações 3, 4 e 5 foram cedidos, portanto não houve a necessidade de executar essas relações para o modelo da prestadora de serviço.

Figura 15 – Exemplo de loteamento não atendido pela rede pública de água.



Fonte: Google Earth (2024).

5.9 – Estimativa das vazões de projeto

As principais vazões de um projeto de abastecimento de água dividem-se em três, sendo que:

Q₁: Refere-se à vazão de adução de água bruta da bomba que capta água de algum manancial (superficial ou subterrâneo):

$$Q_1 = \left(\frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp} \right) \cdot C_{eta} \quad (6)$$

Q₂: Trata da vazão que a estação elevatória de água tratada transporta até o reservatório de distribuição que abastece toda a zona:

$$Q_2 = \left(\frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp} \right) \quad (7)$$

Q₃: Finalmente, há a vazão do reservatório que alimenta a rede, sendo a maior entre todas as três:

$$Q_3 = \left(\frac{K_1 \cdot K_2 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp} \right) \quad (8)$$

Em que os termos significam:

K₁: Coeficiente do dia de maior consumo;

K₂: Coeficiente da hora de maior consumo;

P: População abastecida (hab);

q: Consumo total (l/hab/dia);

Q_{esp}: Vazão específica (l/s);

C_{esta}: Vazão de lavagem de filtro da ETA (l/s).

Para os modelos SINISA (2022) e CAGEPA (2024) foram executadas as relações para a obtenção dos valores das vazões de projeto.

5.10 – Demanda de água

5.10.1 – Demanda de água dos nós

Ao se observar os dados de atendimento e consumo encontrados no SINISA e da população artificial, retirada das áreas de zoneamento, bem como dos intervalos da Tabela 3, assim como os valores cedidos pela CAGEPA para as populações das macrozonas alta e baixa, acompanhada de suas respectivas vazões, puderam-se estimar as demandas de água nos diversos pontos de consumo das zonas alta e baixa através do seguinte roteiro de cálculo:

1 – Demanda total de água por macrozona:

$$Demanda\ Zona\ Alta\ Total = \frac{q \cdot População\ Abastecida\ Zona\ Alta}{86400s} \quad (9)$$

$$Demanda\ Zona\ Baixa\ Total = \frac{q \cdot População\ Abastecida\ Zona\ Baixa}{86400s} \quad (10)$$

q : Consumo total (l/hab/dia);

As equações 9 e 10 só foram utilizadas para o cenário SINISA, sendo dispensadas para o cenário CAGEPA, por conta da já existência desses valores. As relações 11 e 12 foram aplicadas para ambos os cenários em estudo.

2 – Demanda de água por nós de consumo das macrozonas:

$$Demanda\ Nó\ Zona\ Alta\ Total = \frac{Demanda\ Zona\ Alta}{N^o\ Nós\ Consumo\ Zona\ Alta} \quad (11)$$

$$Demanda\ Nó\ Zona\ Baixa\ Total = \frac{Demanda\ Zona\ Baixa}{N^o\ Nós\ Consumo\ Zona\ Baixa} \quad (12)$$

q : Consumo total (l/hab/dia);

5.10.2 – Demanda de água de nó agrupado

Com base nas simplificações propostas na Metodologia 5.6.1, a vazão de cabeceira de determinados setores da cidade pode ser calculada a partir da quantidade de nós de consumo presentes no trecho analisado. Dessa forma, o cálculo foi realizado para os seguintes trechos: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M e N, seguindo o procedimento descrito a seguir.

$$Demanda\ Nó\ Resumo = Demanda\ Nó\ Macrozona \cdot N^o\ Nós\ do\ Trecho \quad (13)$$

5.10.3 – Demanda de água escalonada de nó genérico

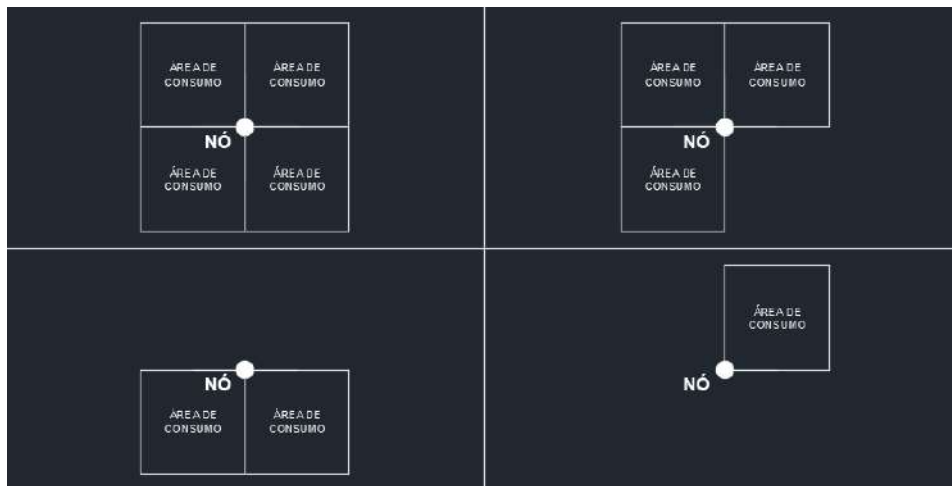
Após determinar a demanda individual por ponto de consumo, esse valor foi distribuído de acordo com a ramificação de cada nó, considerando aqueles com quatro, três, duas ou uma ramificação. Denominou-se como “área de consumo” os locais adjacentes aos nós que possuem demanda de água, desta forma foi necessário quantificar todas as áreas de consumo de todos os pontos com demanda considerados no projeto. Os nós que atendiam a toda a região ao redor apresentaram uma demanda maior em comparação com aqueles que abastecem três, duas ou apenas uma área adjacente. Cabe ressaltar que a demanda desses nós genéricos

corresponde à diferença entre a demanda total e a demanda dos nós agrupados de cada macrozona, conforme ilustrado na Figura 16.

$$Demanda\ Nó\ Genérico\ Zona\ Alta\ Total = Demanda\ Zona\ Alta\ Total - Demanda\ Nó\ Resumo\ Zona\ Alta\ Total \quad (14)$$

$$Demanda\ Nó\ Genérico\ Zona\ Baixa\ Total = Demanda\ Zona\ Baixa\ Total - Demanda\ Nó\ Resumo\ Zona\ Baixa\ Total \quad (15)$$

Figura 16 – Definição dos diferentes tipos de áreas de consumo.



Fonte: Autoria Própria (2024).

$$Demanda\ Nó\ Zona\ Alta\ Escalonado = \frac{Demanda\ Nó\ Genérico\ Zona\ Alta\ Total}{N^{\circ}\ Total\ Áreas\ de\ Consumo\ Zona\ Alta} \quad (16)$$

$$Demanda\ Nó\ Zona\ Baixa\ Escalonado = \frac{Demanda\ Nó\ Genérico\ Zona\ Baixa\ Total}{N^{\circ}\ Total\ Áreas\ de\ Consumo\ Zona\ Baixa} \quad (17)$$

Finalmente, o fator multiplicador (nome do termo dado a quantidade de áreas de consumo consideradas para cada nó podendo ser 1, 2, 3 e 4) é aplicado conforme o número de ramificações do nó e foi considerado para o modelo SINISA e o modelo CAGEPA. A Figura 17 a seguir exemplifica o cálculo da demanda MÉDIA de água para um nó com 4 ramificações da seguinte forma:

$$Demanda\ N\acute{o}\ Zona\ Alta\ R4 = Demanda\ N\acute{o}\ Zona\ Alta\ Escalonado .4 \quad (18)$$

$$Demanda\ N\acute{o}\ Zona\ Baixa\ R4 = Demanda\ N\acute{o}\ Zona\ Baixa\ Escalonado .4 \quad (19)$$

Figura 17 – Exemplo de nó de centro.



Fonte: Aatoria Própria (2024).

5.10.4 – Demanda máxima da macrozona

Quanto às variações diárias, utilizou-se o coeficiente do dia de maior consumo (K_1), que é obtido pela razão entre a vazão média do dia de maior consumo e a vazão média diária anual, com seu valor variando entre 1,2 e 2,0 a depender das condições locais. Para o coeficiente da hora de maior consumo (K_2), que relaciona o máximo consumo horário (horário de pico) verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo, com seu valor variando entre 1,5 e 2,0. A CAGEPA recomenda os seguintes valores, respectivamente, de K_1 e K_2 iguais a 1,2 e 1,5 e o produto desses termos resulta na demanda máxima do nó. Essa variação do consumo foi aplicado para os cenários SINISA e CAGEPA.

Desta forma, a demanda máxima das macrozonas do município fica demonstrada pela seguinte Equação:

$$q_{m\acute{a}x} Zona\ Alta\ Total = K_1 . K_2 . Demanda\ Zona\ Alta\ Total \quad (20)$$

$$q_{m\acute{a}x} Zona\ Baixa\ Total = K_1 . K_2 . Demanda\ Zona\ Baixa\ Total \quad (21)$$

q : consumo total (l/s).

5.10.5 – Demanda média da macrozona

Os dados da demanda média das zonas foram estimados a partir dos dois modelos considerados (SINISA E CAGEPA). Para o primeiro caso, os dados foram calculados a partir de valores já conhecidos, enquanto que para o segundo cenário, a demanda foi extraída a partir da macromedição do Reservatório Apoiado 2 que abastece a zona baixa e da macromedição do Reservatório Elevado 2 que abastece a zona alta.

$$q_{média} \text{ Zona Alta Total} = \text{Demanda Zona Alta Total} \quad (22)$$

$$q_{média} \text{ Zona Baixa Total} = \text{Demanda Zona Baixa Total} \quad (23)$$

q : consumo total (l/s).

5.10.6 – Demanda mínima da macrozona

A demanda mínima (K_3) varia entre 0,3 e 0,5 e ocorre no horário de menor consumo. Ela relaciona a variabilidade mínima de fluxo entre a vazão mínima horária e a vazão média horária durante o dia. Na ausência de dados a NBR 12.211 (1992) recomenda adotar o valor de 0,5 da vazão, demonstrado conforme segue:

$$q_{mín} \text{ Zona Alta Total} = K_3 \cdot \text{Demanda Zona Alta Total} \quad (24)$$

$$q_{mín} \text{ Zona Baixa Total} = K_3 \cdot \text{Demanda Zona Baixa Total} \quad (25)$$

q : consumo total (l/s).

As equações 20, 21, 22, 23, 24 e 25 foram aplicadas para os cenários do SINISA e CAGEPA.

5.11 – Análise in LOCO do sistema de abastecimento

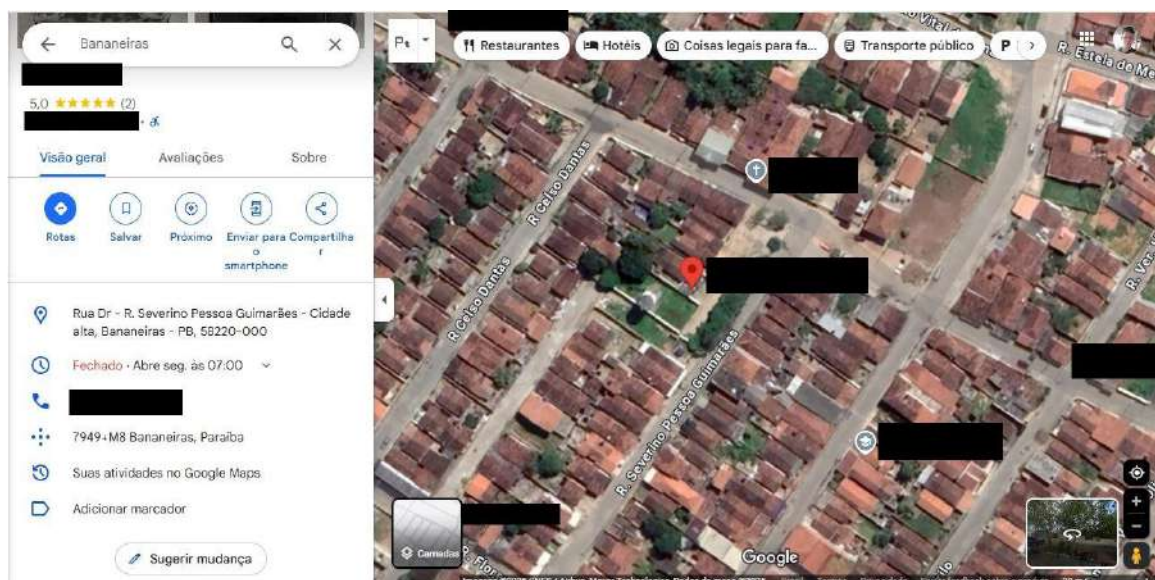
Uma boa prática para tornar o modelo mais preciso foi a utilização de informações dos próprios moradores do município sobre o funcionamento da rede. Para concretizar essa ideia, fez-se uso das informações disponíveis no Google Earth sobre alguns estabelecimentos presentes nas zonas alta e baixa de Bananeiras. Desta forma, criou-se um questionário com algumas perguntas e as devidas respostas dos entrevistados:

1 – Você tem tido problema de falta de água nos últimos três meses? Há um dia e horário mais comum de acontecer?

2 – Entre 12:00 – 14:00 a água chega com pressão normal na sua torneira?

Foram selecionados 6 comércios da zona alta e 4 comércios da zona baixa de locais aleatórios no interior das macrozonas, onde foi direcionada a estes locais uma breve entrevista telefônica com as perguntas ponderadas acima e, a depender dos dados coletados alterou-se os valores de entrada na simulação do EPANET para permitir uma fidelidade maior com a realidade.

Figura 18 – Exemplo de um ponto de entrevista para calibração do modelo.



Fonte: Google Earth (2024).

5.12 – Processamento da rede de abastecimento

5.12.1 – Exportação para o EPANET

Uma vez que todos os dados de linhas (tubos), nós (pontos de consumo), reservatórios e estações elevatórias estivessem no AutoCAD, foi possível exportar essa malha para o EPANET utilizando uma ferramenta intermediária chamada EpaCAD, em que a Figura 19 demonstra a tela inicial do EpaCAD. De início, converteu-se o arquivo .dwg para o formato .dxf por este ser mais facilmente lido por softwares de análise externos a Autodesk e utilizou-se o EpaCAD para transformar o

arquivo .dxf em formato .inp, que pôde ser mais fielmente lido no que se refere ao número de nós exportados e comprimento das linhas, portanto, apresentando uma maior fidelidade à rede.

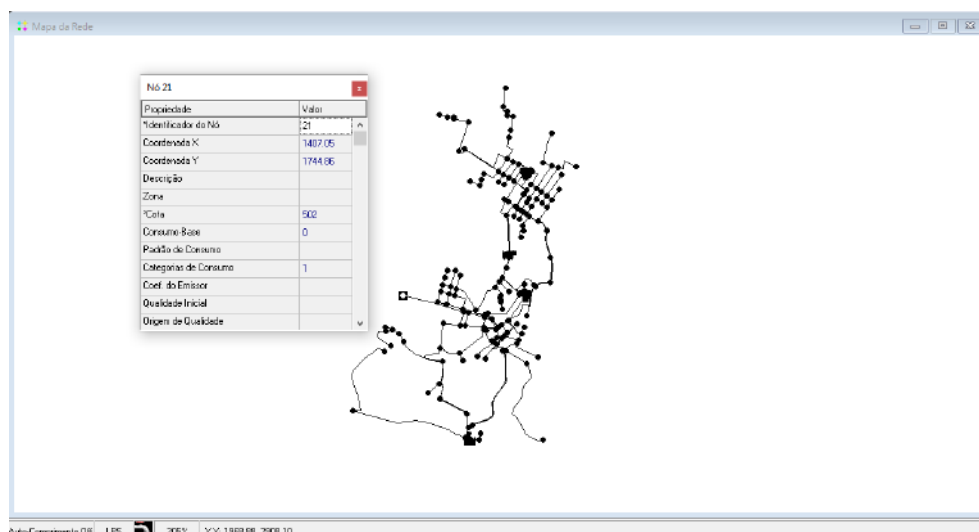
Figura 19 – Tela inicial do EpaCAD.



Fonte: EpaCAD (2024).

Após a exportação, inicialmente precisou-se preencher os nomes dos nós e dos trechos a fim de adequá-los corretamente ao que foi anteriormente determinado no AutoCAD, fazendo com que ambos os arquivos (.dwg e .net) coordenassem todas as informações contidas no plano de trabalho. A identificação dos trechos foi realizada individualmente na própria interface do EPANET, totalizando 267 nós e cerca de 166 trechos. A Figura 20 a seguir demonstra a modelagem da rede no EPANET.

Figura 20 – Modelagem do SAA de Bananeiras-PB no EPANET 2.0.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Após concluída a identificação dos elementos, seguiu-se para o *input* dos valores de vazão e cota topográfica dos nós a partir de uma alternativa com o intuito de importar toda a rede também em formato .inp para o Excel e utilizar as ferramentas de cálculo e procura do software para facilitar essa translação de valores. A Figura 21 a seguir ilustra a tela de exportação do EPANET para o Excel.

Figura 21 – Exportação de dados de entrada do EPANET para o Excel.

[TITLE]				
SAA_BANANEIRAS				
[JUNCTIONS]				
;ID	Elev	Demand	Pattern	
L	632	0.213		;
L1	624	0		;
L2	624	0		;
L3	625	0		;
L4	627	0		;
114	620	0.018		;
115	616	0.018		;
80	625	0		;
79	624	0.012		;
E1	538	0		;
E3	535	0		;
E4	539	0		;
E2	535	0		;
K1	629	0		;
N4	621	0		;

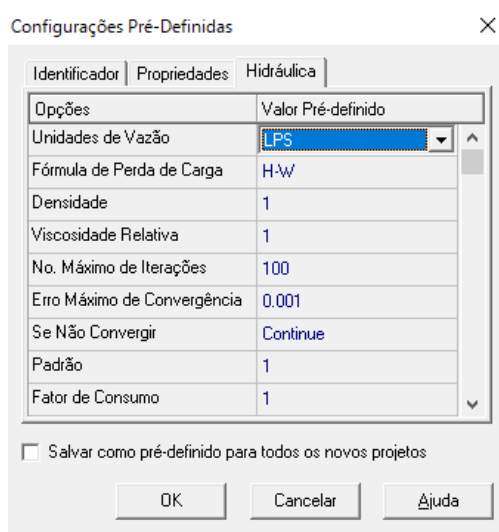
Fonte: Autoria Própria (2024).

Finalizada a parte do preenchimento das células de “Elev” para cota topográfica, bem como “Demand” para a cota de consumo, o arquivo então foi salvo

com o mesmo nome e local, além de ser importado novamente, porém desta vez, com toda a apuração de dados concluída.

Após a exportação, torna-se necessário fazer algumas configurações básicas no EPANET, tais como: opções de visualização de mapa, propriedades hidráulicas, alteração do diâmetro dos tubos e inserção de informações sobre as estações elevatórias e reservatórios, conforme demonstrado na Figura 22.

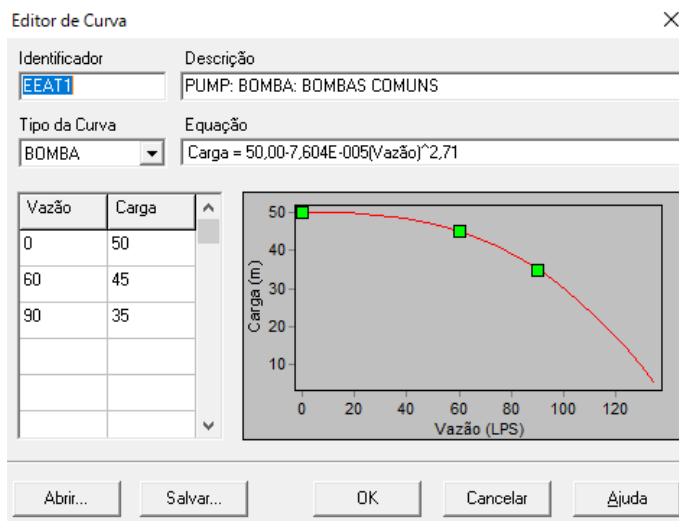
Figura 22 – Calibração das configurações iniciais do EPANET 2.0.



Fonte: Autoria Própria (2024).

A metodologia de cálculo do EPANET trabalha utilizando alguns critérios que tornam o resultado final mais próximo da realidade. Logo, padrões como consumo de energia ao longo dia, variação da demanda dos nós da rede, curvas de altura manométrica (eixo y), vazão de estações elevatórias (eixo x) e rendimento são informações que podem ser exportadas para o programa e utilizadas na análise da rede. Para o caso em questão, inseriu-se todas essas informações, entretanto, sua utilidade ocorre somente para a simulação dinâmica, diferindo do estado estático que foi estabelecido.

Figura 23 – Configuração das estações elevatórias no EPANET 2.0.

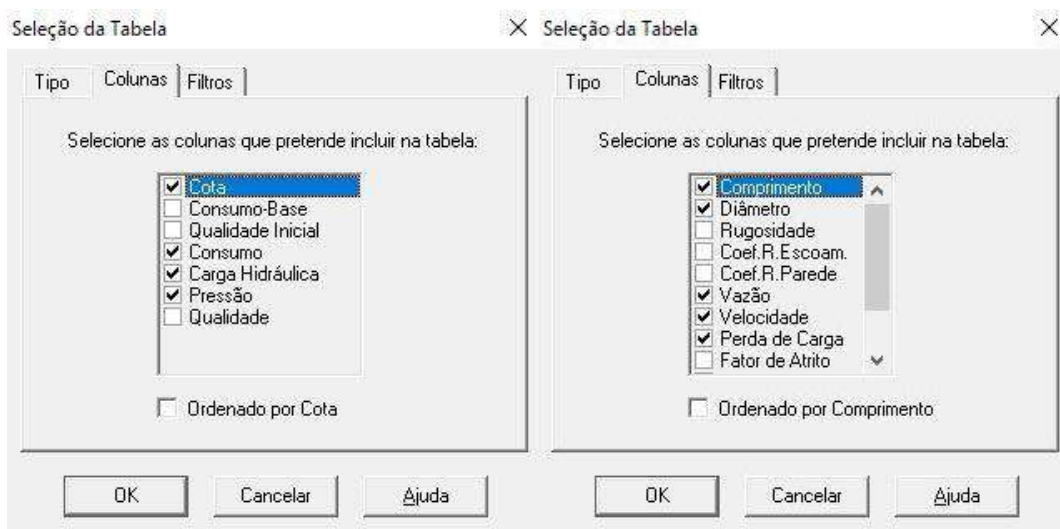


Fonte: Autoria Própria (2024).

5.12.2 – Resgate e análise dos dados de processamento

Após a execução da simulação estática, foi possível validar a extração de informação dos nós e redes contidas no sistema fazendo uso da ferramenta de “Seleção de Tabela” que permite a organização de dados por nós (cota, consumo, carga hidráulica e pressão) e para o caso dos trechos (comprimento, diâmetro, vazão, velocidade e perda de carga), conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 – Parâmetros para exportação dos resultados no EPANET 2.0 para o Excel.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Finalizada a análise para os três cenários propostos, exportou-se para o Excel as tabelas confeccionadas via formato .inp e prosseguiu-se a análise final do comportamento da rede da cidade.

6.0 – ANÁLISE DE RESULTADOS

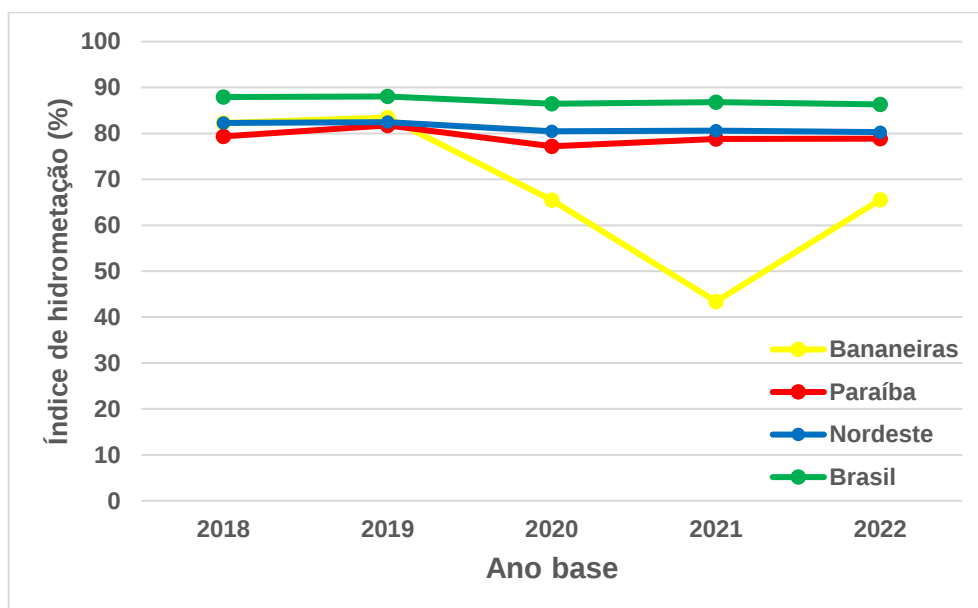
6.1 - Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Bananeiras – PB

Com base na metodologia descrita para a realização do diagnóstico do sistema de abastecimento de água da cidade em análise, a seguir estão ilustrados gráficos com dados exclusivos do site do SINISA, com alguns importantes parâmetros e os seus respectivos códigos atribuídos, são eles: índice de hidrometação (IN009), índice de perdas de faturamento (IN013), extensão da rede de água por ligação (IN020), consumo médio per capita (IN022), índice de perdas na distribuição de água (IN049) e índice de atendimento total de água (IN055). Os comparativos a seguir demonstrados incluem o município de Bananeiras, o estado da Paraíba, a região Nordeste e o Brasil.

6.1.1 – Índice de hidrometação

Dentre as ferramentas utilizadas pela CAGEPA, o índice de hidrometação é apresentado como uma ferramenta que diz respeito à quantidade de ligações de água medidas e o total de delas, sendo esse um item de importante valia no que se refere ao faturamento da prestadora de serviço. A partir dos dados disponibilizados pelo SINISA de 2018 a 2022, o Gráfico 2 foi estruturado para indicar uma queda no percentual desse índice durante o ápice da pandemia, seguida de uma rápida recuperação, onde essa situação pode ser justificada devido a instalação dos hidrômetros e posteriormente, quantificação no pagamento da conta de água. O gráfico a seguir demonstra o comparativo do item IN009:

Gráfico 2 – Comparativo do índice de hidrometação em Bananeiras.



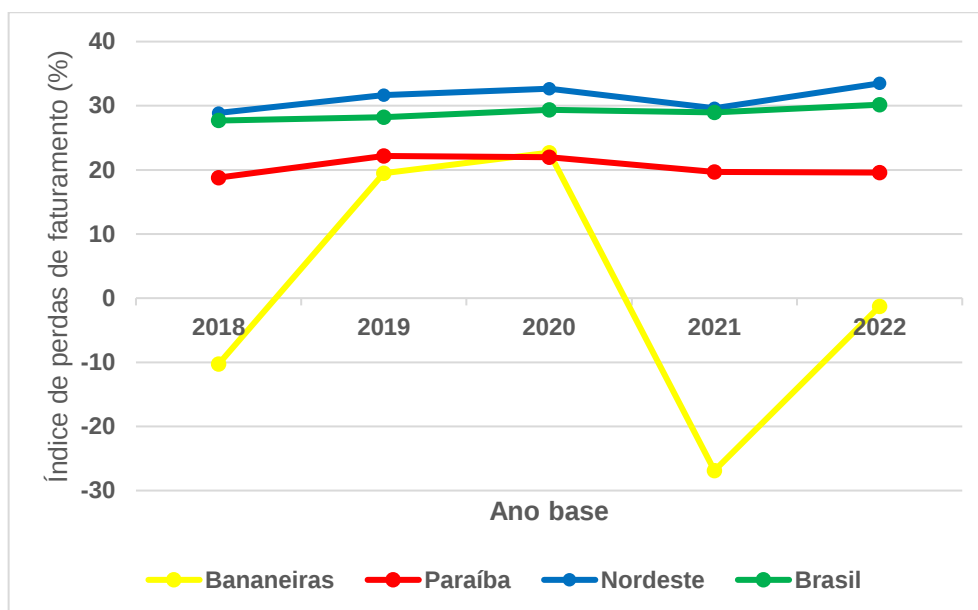
Fonte: Autoria Própria (2024).

6.1.2 – Índice de perdas de faturamento

O índice de perdas de faturamento é um indicador de qualidade que retrata a eficiência do serviço prestado quanto ao pagamento dos serviços utilizados pelo usuário, perdas e furtos de água, onde concessionárias com um baixo percentual desse índice têm uma melhor avaliação do serviço prestado, enquanto as prestadoras de serviço com uma alta taxa de perdas de faturamento apresentam prejuízos recorrentes na venda do seu produto.

Ao se tratar de concessionárias públicas ou de economia mista, costuma-se aplicar o subsídio cruzado, em que pequenos municípios, como o tratado em questão, não são capazes de custear os valores investidos na instalação, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água, sendo estes custeados pelos montantes arrecadados nos grandes centros urbanos, onde o faturamento é consideravelmente maior. O Gráfico 3 a seguir demonstra o comparativo do item IN013:

Gráfico 3 – Comparativo do índice de perdas de faturamento em Bananeiras.

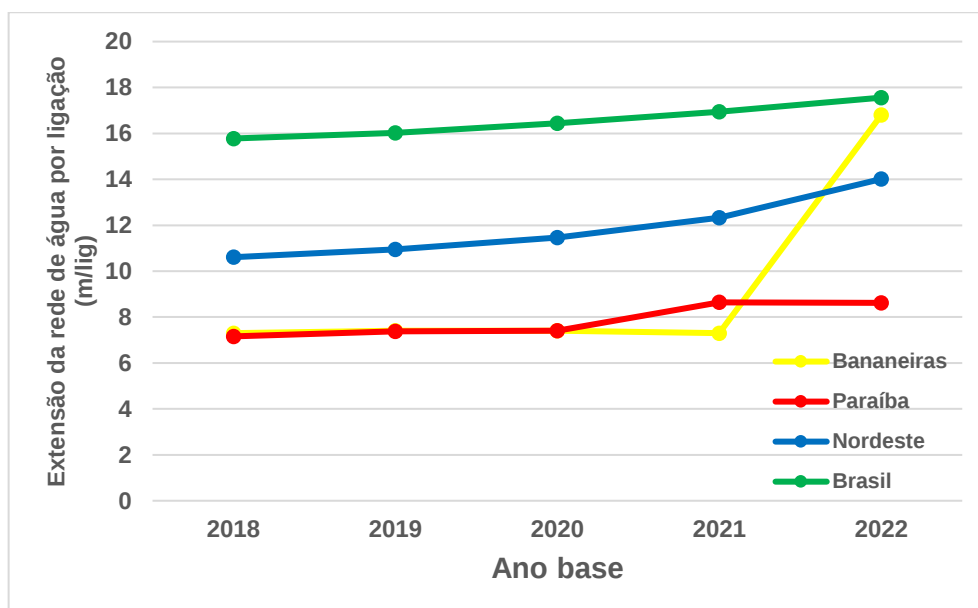


Fonte: Autoria Própria (2024).

6.1.3 – Extensão da rede de água por ligação

Esse parâmetro é um indicativo da existência de abastecimento rural, uma vez que denota a extensão da rede por ponto de ligação. Ao considerar as localidades com distâncias mais espaçadas entre as residências, como propriedades rurais e distritos, o indicativo tende a subir. Por outro lado, um valor menor nesse indicador é geralmente atribuído a locais com alta densidade populacional. O crescimento do gráfico de Bananeiras pode indicar uma recente expansão da rede pública de abastecimento para o seu centro, onde a nuvem de ligações é maior. O Gráfico 4 a seguir demonstra o comparativo do item IN020:

Gráfico 4 – Comparativo da rede de água por ligação em Bananeiras.

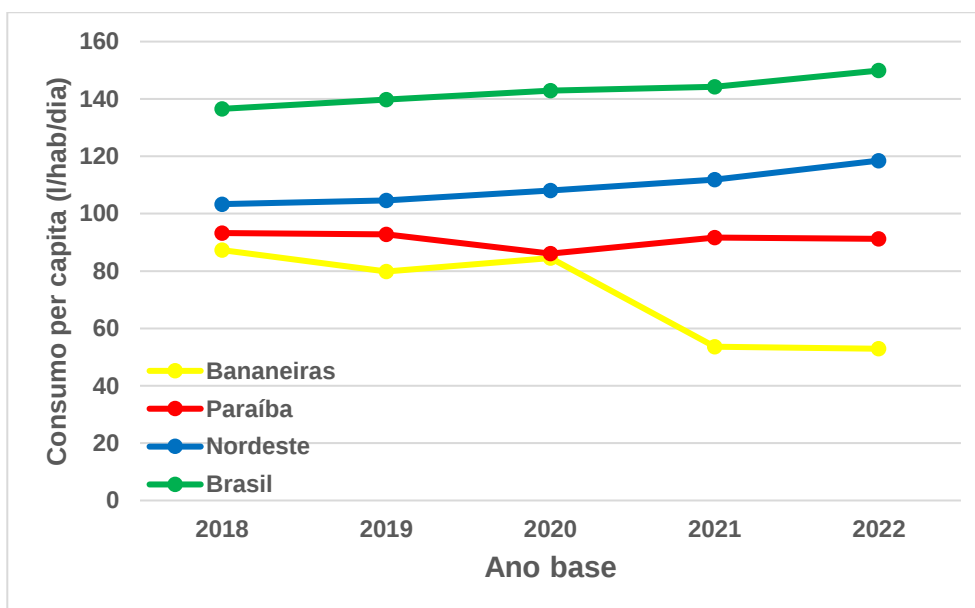


Fonte: Autoria Própria (2024).

6.1.4 – Consumo médio per capita

O consumo médio per capita representa o consumo médio diário necessário visando garantir a sobrevivência e suprir as necessidades básicas de uma pessoa, como alimentação, higiene pessoal e limpeza, geralmente sendo expresso em litros por habitante por dia (l/hab/dia) (Gomes,2019). O caso em estudo demonstra uma queda no consumo de água no mesmo período da queda do índice de faturamento e o índice de hidrometação, o que pode comprometer a medição dos serviços de abastecimento de água. Essa queda também pode ser justificada pela perda de dados ou mesmo por campanhas de educação que dão ênfase à queda no desperdício de água. O Gráfico 5 a seguir demonstra o comparativo do item IN022:

Gráfico 5 – Comparativo do consumo médio per capita em Bananeiras.



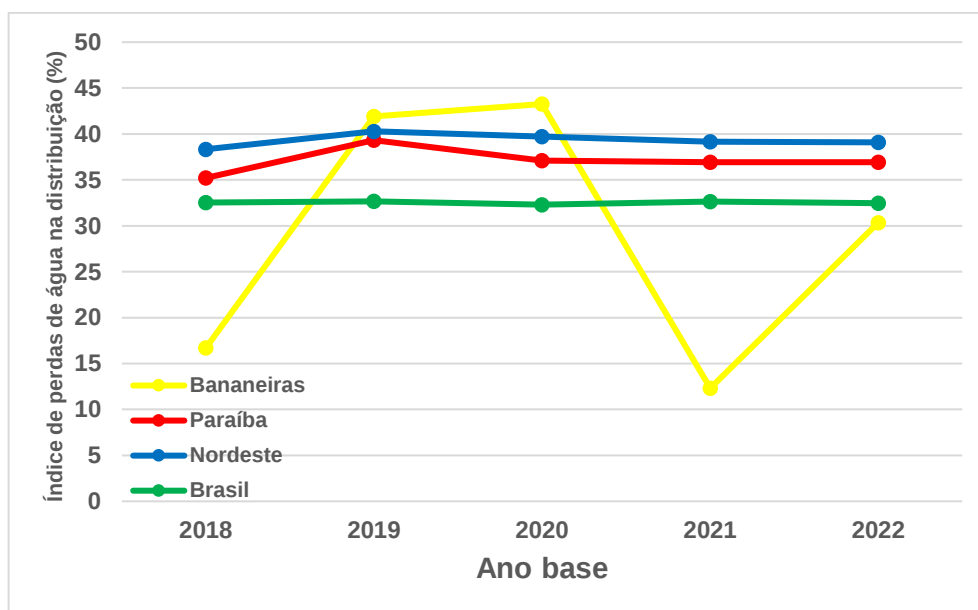
Fonte: Autoria Própria (2024).

6.1.5 – Índice de perdas na distribuição

As perdas na distribuição apresentam-se como indicador da eficiência de uma prestadora de serviço de abastecimento de água, podendo ser aparentes ou reais. O Brasil apresenta uma média de 37% nesse índice, conforme dados do SINISA (2022), valor relativamente superior aos 25% definidos pela Portaria N° 490 de 22 de março de 2021. Um alto índice de perdas denota uma maior ineficiência do serviço (superior à média nacional de 37%), enquanto uma taxa baixa sugere qualidade na entrega do produto (inferior à média nacional de 37%).

O município de Bananeiras demonstra uma grande variação no índice de perdas na distribuição, o que pode ser justificado pela má leitura ou mesmo perda de dados. O Gráfico 6 a seguir demonstra o comparativo do item IN049:

Gráfico 6 – Comparativo do índice de perdas na distribuição em Bananeiras.

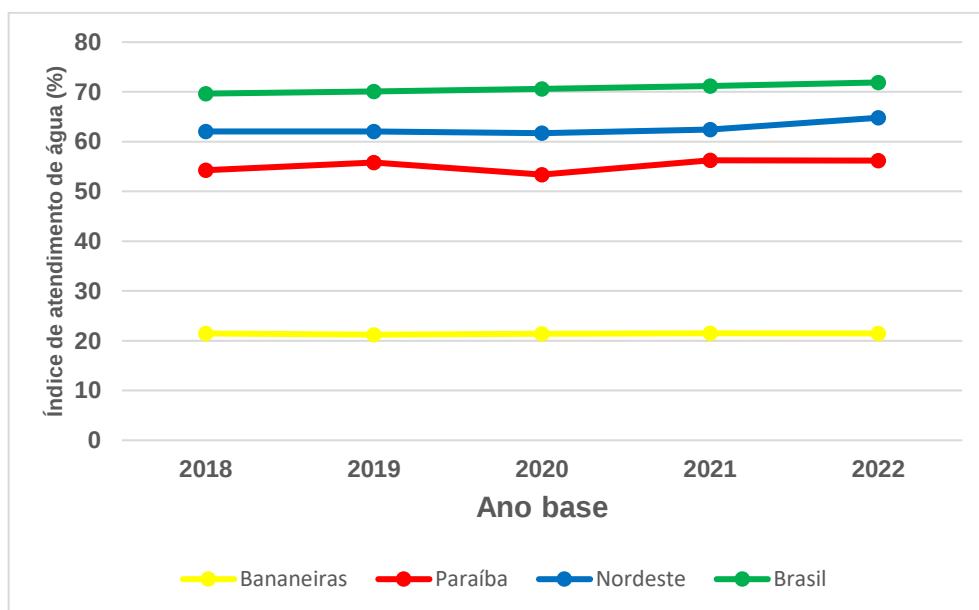


Fonte: Autoria Própria (2024).

6.1.6 – Índice de atendimento de água

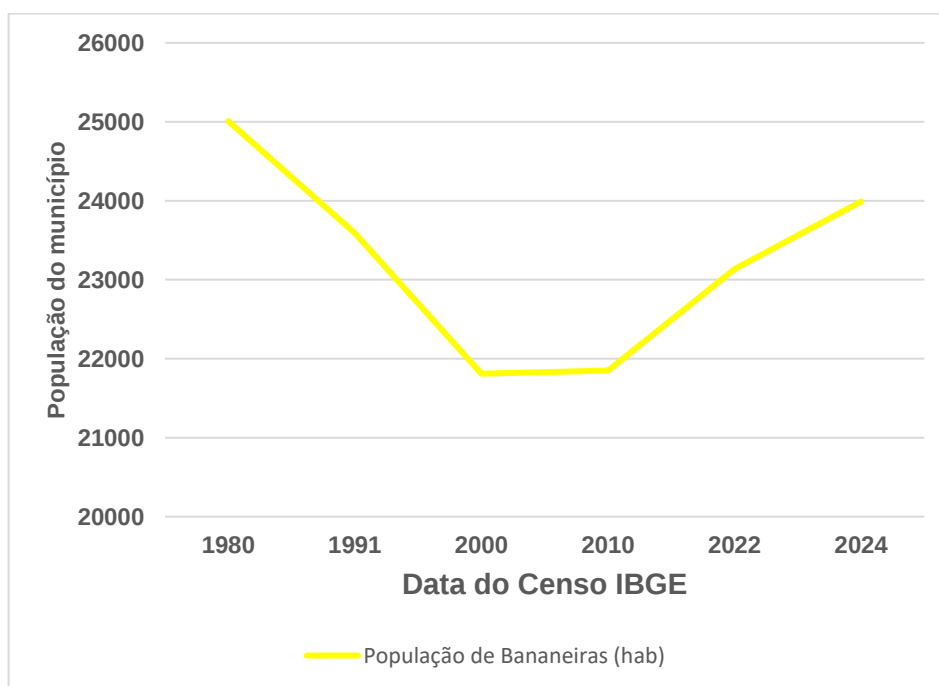
O índice de atendimento de água para o município de Bananeiras-PB apresenta-se com valores bem inferiores quando comparado aos demais cenários, em nível estadual, regional e nacional (Figura 30). Esse baixo indicativo precisa ser interpretado levando em consideração o crescimento populacional dos últimos anos, como mostrado na Figura 31, onde pode ter interferido no alcance do atendimento à população pelo abastecimento público de água, que não conseguiu acompanhar esse crescimento populacional. O gráfico a seguir demonstra o comparativo do item IN055:

Gráfico 7 – Comparativo do índice de atendimento de água em Bananeiras.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Gráfico 8 – Crescimento populacional de Bananeiras.



Fonte: Autoria Própria (2024).

6.2 – Zoneamento adotado

Devido a indisponibilidade de dados sobre a população residente nas macrozonas alta e baixa do município, foi criado um zoneamento artificial para estimar a população total do município e, desta forma, encontrar as populações residentes nas macrozonas referidas fazendo uso da Tabela 4.

A partir do uso das áreas encontradas e dos valores dos intervalos adotados, foi possível determinar uma população artificial de 23.132 habitantes, muito próximo aos 23.134 habitantes da contagem oficial do IBGE em 2022. A Tabela 4 a seguir demonstra a tabelação do zoneamento, área, extensão da rede, tipologia, densidade demográfica e população.

Tabela 4 – Zoneamento do município de Bananeiras.

ZONA	TIPO DE ZONA	ÁREA (ha)	EXTENSÃO DA REDE (m)	TIPOLOGIA	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/ha)	POPULAÇÃO (hab)
1	ALTA	56,52	11327,73	CASAS GEMINADAS, PREDIO 1 PAV	75	4239
2	BAIXA	40,57	7755,56	AREA COMERCIAL	75	3043
3	NOVA	37,02	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	2221
4	NOVA	36,26	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	2176
5	BAIXA	34,54	3627,22	CASAS GEMINADAS, PREDIO 1 PAV	75	2590
6	BAIXA	34,30	5458,23	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	2058
7	NOVA	17,33	0	AREA PERIFERICA, CASAS ISOLADAS	70	1213
8	NOVA	15,32	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	919
9	NOVA	9,79	0	AREA PERIFERICA, CASAS ISOLADAS	70	685
10	NOVA	8,87	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	532
11	NOVA	8,61	0	UFPB	0	0
12	NOVA	7,52	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	451

ZONA	TIPO DE ZONA	ÁREA (ha)	EXTENSÃO DA REDE (m)	TIPOLOGIA	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/ha)	POPULAÇÃO (hab)
13	ALTA	6,71	2351,08	CASAS GEMINADAS, PREDIO 1 PAV	75	503
14	NOVA	6,49	0	AQUICULTURA	0	0
15	NOVA	6,10	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	366
16	ALTA	5,90	1336,84	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	354
17	NOVA	4,41	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	265
18	NOVA	4,37	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	262
19	ALTA	3,85	0	CASAS GEMINADAS, PREDIO 1 PAV	75	289
20	NOVA	3,77	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	226
21	NOVA	3,43	0	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	206
22	NOVA	2,76	0	HOTEIS	0	0
23	ALTA	2,64	776,02	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	60	159
24	BAIXA	2,40	1683,05	CASAS ISOLADAS, LOTES MED E PEQ	75	180
25	BAIXA	1,29	0	EDIFÍCIOS COM APTS PEQUENOS	150	194
-					TOTAL	23132

Fonte: Aatoria Própria (2024).

Resumidamente, os valores que representam a população a ser considerada para os cálculos da demanda, distribuição e desperdício de água estão dispostos na Tabela 5:

Tabela 5 – Resumo das macrozonas alta e baixa do município de Bananeiras.

MACROZONA	HABITANTES
ALTA	5544
BAIXA	8065
TOTAL	13609

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.3 – Traçado da rede existente

A partir do arquivo do QGIS disponibilizado pela CAGEPA, as linhas da rede foram importadas para o AUTOCAD. Os traçados coloridos demonstram os diâmetros das tubulações (Amarelo e Vermelho – DN50, Verde DN75, Azul – DN 100, Ciano – DN 150, Laranja – DN 200), enquanto que as linhas em roxo representam os limites do zoneamento adotado seguido do respectivo número da zona, conforme representado na Figura 25.

Figura 25 – Zoneamento e traçado das tubulações de Bananeiras.



Fonte: Autoria Própria (2024).

O traçado concedido pela concessionária apresenta uma precisão de 5,0 metros, portanto, em alguns trechos as tubulações aparentam estar fora das vias públicas, o que poderia acarretar em problemas à população residente devido a passagem de tubos por propriedade privada, o que acarretaria indenizações ao

proprietário, conforme escrito pelo Art. 1.286 do Código Civil da Lei nº 10.406 de 10 de janeiro de 2002. Entretanto, devem ser considerados todos os tubos que foram corretamente assentados nas vias públicas.

As demais peças, tais como reservatórios e estações elevatórias precisaram ser inseridas com o auxílio do Google Earth, já que suas localizações exatas não foram fornecidas. Por fim, não há registros de válvulas de qualquer espécie, boosters ou quaisquer outros dispositivos de manobra, como também dados sobre o consumo das zonas atendidas, interrupções de abastecimento, planos de expansão ou semelhantes (CAGEPA, 2024).

O traçado foi dividido entre macrozona alta e macrozona baixa, a fim de facilitar a compreensão. A macrozona alta apresenta uma área em maior plano topográfico, com uma densidade de consumo menor, enquanto a macrozona baixa trata da parte mais baixa da cidade em relação ao nível do mar e concentra maior parte das residências e comércios que são atendidos pelo abastecimento urbano. Desta forma, para o primeiro caso foram catalogados 144 nós, onde foi identificado consumo em 117 deles, e na segunda situação foram encontrados 123 nós, com consumo em 82 deles. O shapefile do QGIS dispõe do diâmetro nominal (DN), portanto, na Tabela 6 podem ser encontradas as seguintes informações a respeito dos tubos que integram a rede de distribuição:

Tabela 6 – Resumo dos tipos de tubos existentes no SAA de Bananeiras.

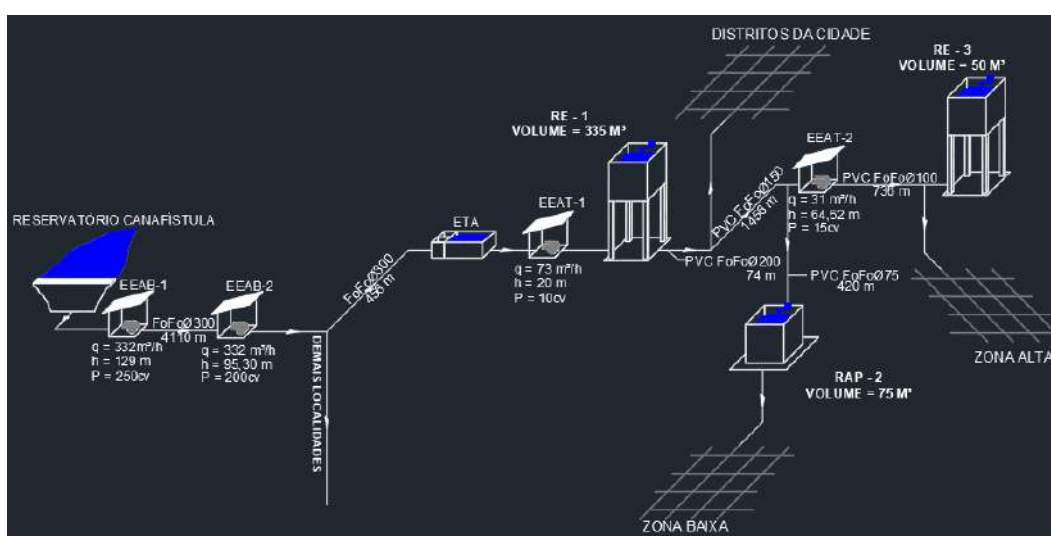
DIÂMETRO NOMINAL	MATERIAL	COMPRIMENTO (M)	Nº TRECHOS
DN 50	PVC DeFoFo	26595,67	129
DN 75	PVC DeFoFo	2416,72	10
DN 100	PVC DeFoFo	2141,04	9
DN 100	FF	446,26	1
DN 150	PVC DeFoFo	1793,92	3
DN 200	PVC DeFoFo	858,69	11
DN 200	FF	63,43	1
TOTAL		34315,73	164

Fonte: Autoria Própria (2024).

As principais peças da infraestrutura de abastecimento de água são descritas pela Estação de Tratamento de Água (ETA), seguido do Reservatório Elevado 1 (RE-

1) de 10m de altura e uma capacidade estimada de 335 m³. A Estação Elevatória de Água Tratada 1 (EEAT-1) apresenta uma altura manométrica de 20 mca e vazão de 73 m³/h, com uma potência de 10cv que bombeia água para o Reservatório Apoiado 2 (RAP-2), que comporta uma capacidade de 75m³, além de abastecer o poço de sucção da Estação Elevatória de Água Tratada 2 (EEAT-2), que apresenta uma altura manométrica de 64,52 mca, vazão de 31m³/h e potência de 15cv. A EEAT-2 recalca água para o Reservatório Elevado 3 (RE-3) que tem altura de 15m e armazenamento de 50m³ água.

Figura 26 – Esquema com os principais componentes do SAA de Bananeiras.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 27 – Fotografias da EEAT1 e RE1.

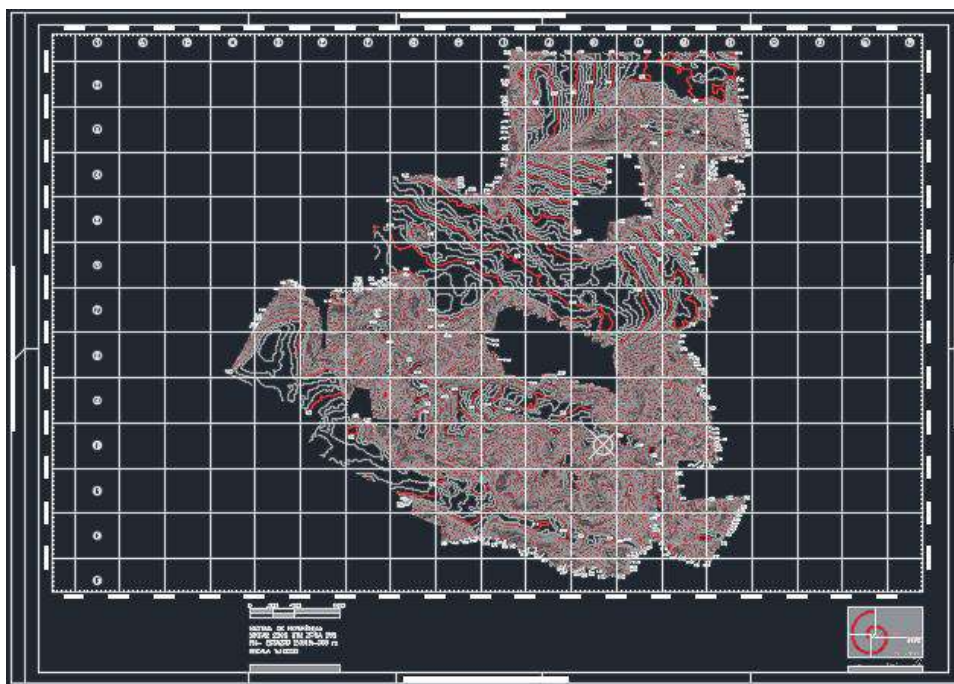


Fonte: CAGEPA (2024).

6.4 – Levantamento Planialtimétrico

O arquivo repassado pelo DECIDE possui duas pranchas A0 em PDF, onde é possível visualizar na primeira prancha uma representação dos limites do município de Bananeiras, enquanto a segunda detalha as curvas de nível. Para possibilitar a compatibilização das camadas foi necessário importar os dois arquivos em formato PDF para o plano de trabalho do AutoCAD, além de justar a escala e alocar as camadas adequadamente sobre as demais. O levantamento topográfico disponibilizado foi desenhado em um plano bidimensional (X,Y) e não possui altura Z, sendo necessário que a sua leitura fosse realizada pela legenda que se encontra próxima às linhas das curvas de nível. A Figura 35 a seguir demonstra o arquivo elaborado no plano de trabalho em formato .dwg:

Figura 28 – Exportação do arquivo PDF para o AutoCAD das curvas de nível.



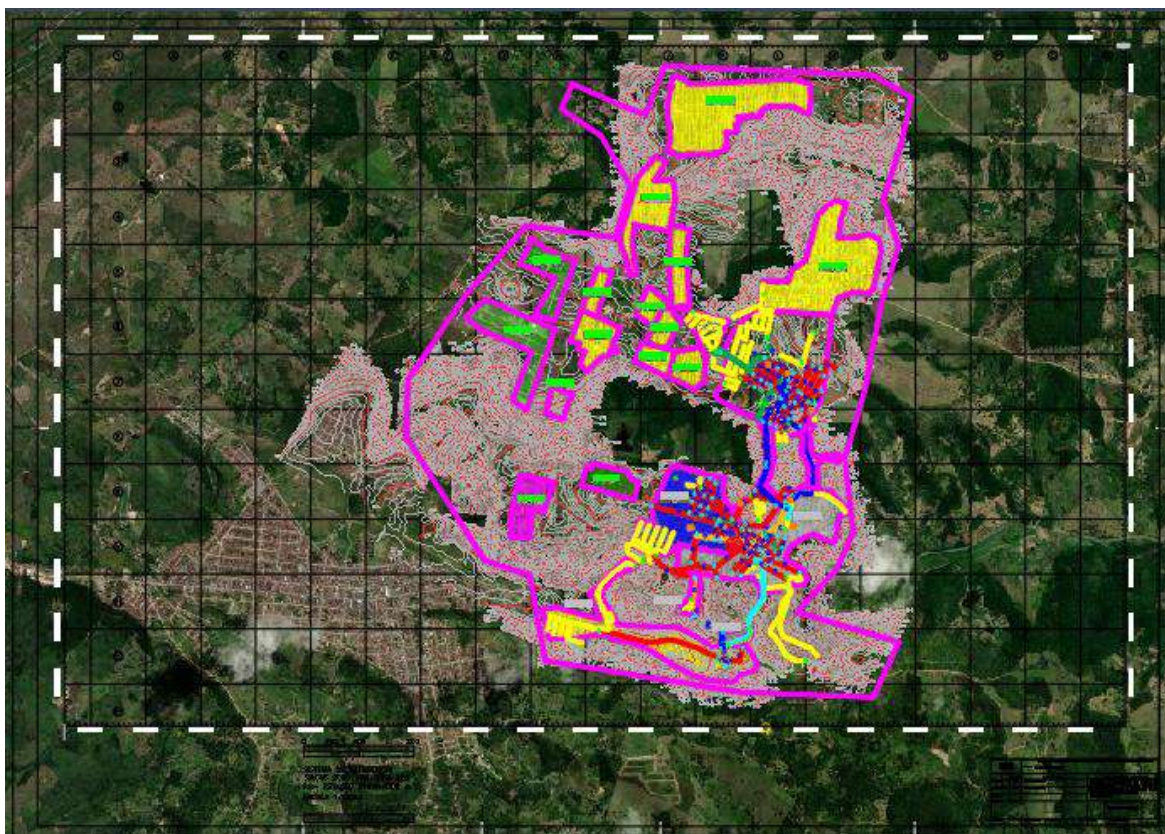
Fonte: DECIDE (2019).

6.5 – Compatibilização de Projetos

6.5.1 – Autocad

Como já referido, ao todo são três camadas de arquivos principais: traçado da rede, curvas de nível e mapeamento pelo google earth, estando todos respectivamente alinhados e georreferenciados no AutoCAD. A partir dessa configuração, foi possível adicionar as demais informações necessárias à compreensão do projeto, tais como legendas de nós e tubos, zoneamento, limites de área e pontos de interesse (bombas e reservatórios). A seguir, na Figura 36 está demonstrada a união dos arquivos e pode ser melhor visualizada com o auxílio do APÊNDICE IV:

Figura 29 – Compatibilização das camadas (limite, curvas de nível e traçado do SAA) de Bananeiras.



Fonte: Autoria Própria (2024).

6.5.2 – Excel

O Excel foi a ferramenta utilizada para o aparelhamento e o processamento de todas as informações necessárias ao projeto. Foi criado somente um arquivo em formato .xml, onde foi destinada uma folha para cada informação de caráter divergente, onde podem ser encontrados: dados iniciais, zoneamento, demanda atual, nós, trechos e entre outros (Figura 30).

Figura 30 – Organização das tabelas do Excel.

DESCRIÇÃO	CAGEPA (2024)	SINISA (2022)
População total (hab)	23132	23132
Rede (m)	34333,69	34333,69
População Abast. (hab)	5281	4966
Nº ligações (und)	1410	1410
Nº economias (und)	1438	1438
Economias/ligação	1,02	1,02
Atendimento (%)	22,83%	21,47%
Exten. Rede (m/lig)	24,35	16,79
IP (%)	48,55%	30,34%
Q total (l/hab.dia)	184,51	75,88
Q efetivo (l/hab.dia)	128,53	52,86
Q perdido (l/hab.dia)	55,98	23,02

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.6 – Simplificações de Projeto

6.6.1 - Redução dos pontos de consumo da rede

As redes de tubulações contidas no projeto fornecido pela CAGEPA apresentam uma extensão com mais de 30km, onde os nós que estão dispostos na malha são encontrados nas mais diferentes e variadas configurações, diversificando desde o cruzamento de dois ou mais tubos, mudança de diâmetro, pontas secas, curvas com diferentes angulações e assim por diante. Logo, tornou-se necessário reduzir esses pontos de consumo para que fosse possível melhorar a precisão e facilitar o trabalho de contagem e análise dos nós e trechos. A Figura 31 a seguir ilustra

o exemplo do nó F, em que ao invés de contabilizar três nós (duas pontas secas e um nó de intersecção), utilizou-se somente um nó com sua demanda somada aos outros dois.

Figura 31 – Redução dos pontos de consumo.



Fonte: Autoria Própria (2024).

O valor que representa o total de nós que identificam as macrozonas alta e baixa eram aproximadamente 350. Assim sendo, tendo em vista facilitar o trabalho foi possível reduzir para 267 nós, dos quais 199 possuem demanda.

6.6.2 – Uso de Simulações Estáticas

O uso de simulações estáticas nos testes para averiguar as atuais condições da rede foi necessário devido a irregularidade do terreno e da própria rede de abastecimento, o que poderia ocasionar em falhas de processamento no EPANET para pressões acima da máxima e abaixo da mínima. No caso da simulação dinâmica, uma vez que é constatada falta de água em alguns setores da rede e demais problemas que posteriormente serão expostos, tornou-se inviável a utilização desse tipo de processamento em razão das irregularidades existentes na rede.

6.7 – Estimativa do consumo per capita da área abastecida

Em sequência, o SINISA (2022) divulgou que o consumo efetivo médio da população municipal foi de 52,86 l/hab/dia, desta forma, torna-se necessário calcular o consumo real que inclui as perdas de água, sendo considerado o percentual divulgado de 30,34% de perdas na distribuição. Além disso, a CAGEPA (2024) divulgou o consumo efetivo médio da população em 128,53 l/hab/dia e um percentual de perdas de 48,55%. A partir da equação 1 é possível calcular o consumo efetivo para os dois cenários.

$$q_{SINISA} = \frac{52,86}{1 - 30,34\%} = 75,88 \text{ l/hab/dia} \quad (1)$$

$$q_{CAGEPA} = \frac{128,53}{1 - 48,55\%} = 184,51 \text{ l/hab/dia} \quad (1)$$

Após isso, pode ser encontrado o volume real desperdiçado pelos habitantes com a equação 2, sendo:

$$q_{desperdício_SINISA} = 75,88 - 52,86 = 23,02 \text{ l/hab/dia} \quad (2)$$

$$q_{desperdício_CAGEPA} = 184,51 - 128,53 = 55,98 \text{ l/hab/dia} \quad (2)$$

Tabela 7 – Quadro resumo do consumo da população para os dois cenários.

MODELO	MACROZONAS (l/hab/dia)		
	q efetivo	q total	q desperdício
SINISA	52,86	75,88	23,02
CAGEPA	128,53	184,51	55,98
VARIAÇÃO (%)	143,15%	143,16%	143,18%

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.8 – Estimativa de população da área abastecida

Conforme demonstrado no item 5.8 da metodologia, inicialmente foi necessário determinar a quantidade de pessoas que eram atendidas pelo abastecimento de água nas macrozonas alta e baixa para o modelo do SINISA. Logo, a partir dos dados da Tabela 2 foi possível resolver a equação 3:

$$População\ Abastecida\ Total_{SINISA} = 21,47\% \cdot 23132 = 4966\ hab \quad (3)$$

Na tentativa de determinar o total de consumidores das macrozonas alta e baixa e com o auxílio da Tabela 5, foi possível encontrar as soluções para as equações 4 e 5:

$$População\ Abastecida\ Zona\ Alta_{SINISA} = \frac{5544}{(5544 + 8065)} \cdot 4966 = 2023\ hab \quad (4)$$

$$População\ Abastecida\ Zona\ Baixa_{SINISA} = \frac{8065}{(5544 + 8065)} \cdot 4966 = 2943\ hab \quad (5)$$

Conforme mencionado no item 5.8, as equações 3, 4 e 5 foram dispensadas para o modelo CAGEPA devido ao conhecimento prévio dos valores que foram fornecidos pela concessionária, como é demonstrado a seguir:

$$População\ Abastecida\ Zona\ Alta_{CAGEPA} = 2237\ hab$$

$$População\ Abastecida\ Zona\ Baixa_{CAGEPA} = 3044\ hab$$

$$População\ Abastecida\ Total_{CAGEPA} = 5281\ hab$$

Por fim, a Tabela 8 resume as populações abastecidas estimadas e cedidas para as duas modelagens:

Tabela 8 – Quadro resumo das populações das macrozonas.

MODELO	MACROZONAS (hab)		
	ALTA	BAIXA	TOTAL
SINISA	2023	2943	4966
CAGEPA	2237	3044	5281
VARIAÇÃO (%)	10,59%	3,41%	6,33%

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.9 – Estimativa das vazões de projeto

A seguir estão demonstradas as vazões consideradas, como também o quadro que resume os principais parâmetros utilizados para a análise da rede nos dois modelos organizacionais considerados.

Tabela 9 – Quadro resumo dos parâmetros para o cálculo das vazões de projeto.

Descrição	SINISA	CAGEPA
População estimada para 2024 (habitantes)	4966	5281
Consumo total per capita - q (l/hab/dia)	75,88	184,51
Perdas na distribuição (%)	30,34%	48,55%
Coeficiente do dia de maior consumo (K1)	1,20	1,20
Coeficiente da hora de maior consumo (K2)	1,50	1,50
Coeficiente da ETA	5,00%	5,00%

Fonte: Autoria Própria (2024).

As equações 6, 7 e 8 demonstradas no item 5.9 da metodologia ilustra as vazões de projeto a serem consideradas:

$$Q_{1_SINISA} = \left(\frac{1,2 \cdot 4966 \cdot 75,88}{86400} + 0 \right) \cdot 1,05 = 5,49 \text{ l/s} \quad (6)$$

$$Q_{2_SINISA} = \left(\frac{1,2 \cdot 4966 \cdot 75,88}{86400} + 0 \right) = 5,23 \text{ l/s} \quad (7)$$

$$Q_{3_SINISA} = \left(\frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 4966 \cdot 75,88}{86400} + 0 \right) = 7,85 \text{ l/s} \quad (8)$$

$$Q_{1_CAGEPA} = \left(\frac{1,2 \cdot 5281 \cdot 184,51}{86400} + 0 \right) \cdot 1,05 = 14,21 \text{ l/s} \quad (6)$$

$$Q_{2_CAGEPA} = \left(\frac{1,2 \cdot 5281 \cdot 184,51}{86400} + 0 \right) = 13,53 \text{ l/s} \quad (7)$$

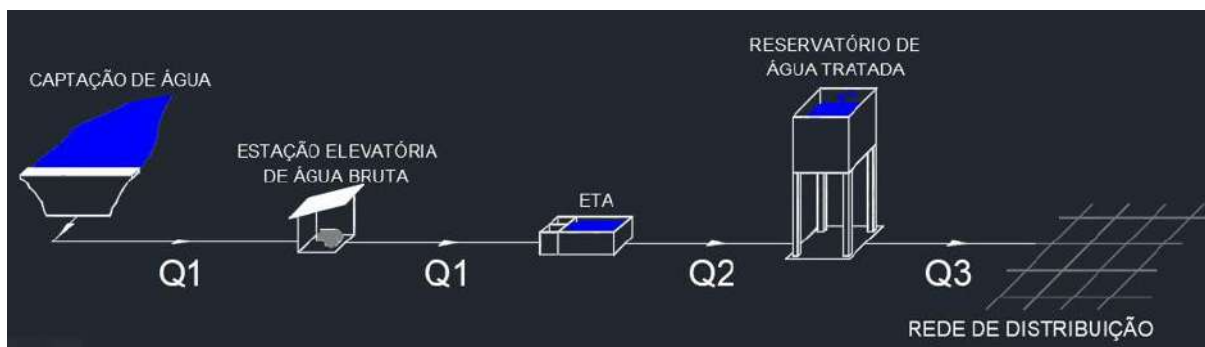
$$Q_{3_CAGEPA} = \left(\frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 5281 \cdot 184,51}{86400} + 0 \right) = 20,30 \text{ l/s} \quad (8)$$

Tabela 10 – Quadro resumo das vazões de projeto de Bananeiras.

MODELO	VAZÕES DE PROJETO (l/s)		
	Q1	Q2	Q3
SINISA	5,49	5,23	7,85
CAGEPA	14,21	13,53	20,3
VARIAÇÃO (%)	158,83%	158,70%	158,60%

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 32 – Esquema do uso das vazões de projeto de um SAA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

6.10 - Demanda de água

6.10.1 – Demanda de água dos nós

Ao observar os dados de atendimento e consumo encontrados no SINISA, dos valores fornecidos pela CAGEPA e do número de habitantes extraído do IBGE, pode-se estimar as demandas de água nos diversos pontos de consumo das macrozonas alta e baixa para as duas modelagens, onde são apresentados com a seguinte marcha de cálculo:

1 – Demanda total de água por macrozonas utilizando as equações 9 e 10:

$$Demanda\ Zona\ Alta\ Total_{SINISA} = \frac{75,88 \cdot 2023}{86400} = 1,78\ l/s \quad (9)$$

$$Demanda\ Zona\ Baixa\ Total_{SINISA} = \frac{75,88 \cdot 2943}{86400} = 2,59\ l/s \quad (10)$$

$$Demanda\ Zona\ Alta\ Total_{CAGEPA} = \frac{184,51 \cdot 2237}{86400} = 4,78\ l/s \quad (9)$$

$$Demanda\ Zona\ Baixa\ Total_{CAGEPA} = \frac{184,51 \cdot 3044}{86400} = 6,50\ l/s \quad (10)$$

2 – Demanda de água calculada a partir dos locais onde foram encontrados nós de consumo nas macrozonas alta e baixa, com o auxílio das equações 11 e 12:

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta}_{SINISA} = \frac{1,78}{117} = 0,015 \text{ l/s} \quad (11)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa}_{SINISA} = \frac{2,59}{82} = 0,032 \text{ l/s} \quad (12)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta}_{CAGEPA} = \frac{4,78}{117} = 0,041 \text{ l/s} \quad (11)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa}_{CAGEPA} = \frac{6,50}{82} = 0,079 \text{ l/s} \quad (12)$$

Tabela 11 – Quadro resumo das demandas por macrozona e nó.

MODELO	MACROZONAS (l/s)			
	Dem. Zona Alta	Dem. Zona Baixa	Dem. Zona Alta P/ Nós	Dem. Zona Baixa P/ Nós
SINISA	1,777	2,585	0,015	0,032
CAGEPA	4,778	6,500	0,041	0,079
VARIAÇÃO (%)	168,90%	151,44%	168,90%	151,44%

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.10.2 – Demanda de água por nó agrupado

A demanda de água por nó agrupado pode ser calculada a partir da equação 13 e aplicada aos dois cenários em estudo (utilizando o nó F da macrozona baixa da Figura 38 como exemplo):

$$Demanda \text{ Água Nó Resumo}_{SINISA} = 0,032 \cdot 3 = 0,09 \text{ l/s} \quad (13)$$

$$Demanda \text{ Água Nó Resumo}_{CAGEPA} = 0,079 \cdot 3 = 0,24 \text{ l/s} \quad (13)$$

A seguir estão demonstrados a demanda média de todos os nós agrupados para as macrozonas alta e baixa onde foram utilizados os dados das demandas calculadas no item 6.10.1 observando a macrozona e a modelagem em questão:

Tabela 12 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós de cabeceira.

MACROZONA	NÓ	Nº NÓS	DEMANDA MÉDIA (l/s)	
			SINISA	CAGEPA
ALTA	G	10	0,15	0,41
ALTA	H	5	0,08	0,20
ALTA	I	8	0,12	0,33
ALTA	J	3	0,05	0,12
ALTA	K	12	0,18	0,49
ALTA	L	14	0,21	0,57
ALTA	M	3	0,05	0,12
ALTA	N	17	0,26	0,69
BAIXA	A	13	0,41	1,03
BAIXA	B	3	0,09	0,24
BAIXA	C	4	0,13	0,32
BAIXA	D	7	0,22	0,55
BAIXA	E	13	0,41	1,03
BAIXA	F	3	0,09	0,24
ALTA TOTAL		72	1,09	2,94
BAIXA TOTAL		43	1,36	3,41
TOTAL		115	2,45	6,35

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.10.3 – Demanda de água escalonada por nó genérico

A fim de mensurar a demanda de consumo para os nós genéricos presentes nas macrozonas alta e baixa, por meio das modelagens do SINISA e da CAGEPA, as equações 14 e 15 foram calculadas:

$$Demanda \text{ Nó Genérico Zona Alta Total}_{SINISA} = 1,78 - 1,09 = 0,68 \text{ l/s} \quad (14)$$

$$Demanda \text{ Nó Genérico Zona Baixa Total}_{SINISA} = 2,59 - 1,36 = 1,23 \text{ l/s} \quad (15)$$

$$Demanda \text{ Nó Genérico Zona Alta Total}_{CAGEPA} = 4,78 - 2,94 = 1,84 \text{ l/s} \quad (14)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Genérico Baixa Total}_{CAGEPA} = 6,50 - 3,41 = 3,09 \text{ l/s} \quad (15)$$

Com o intuito de reformular a distribuição da demanda de água ao longo dos nós genéricos, visando tornar os dados mais precisos de acordo com a realidade das macrozonas, a localização desses nós precisou ser levada em consideração. A seguir, as equações 16 e 17 apresentam a vazão MÉDIA de cada nó genérico quando

considerada o somatório das áreas de consumo (113 para a zona alta e 88 para a zona baixa) das duas macrozonas consideradas. O APÊNDICE VI apresenta os dados sobre os nós (macrozona, microzona, nome e áreas de consumo ao entorno), demandas reais máxima, média e mínima de água para as modelagens SINISA e CAGEPA.

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta Escalonado}_{SINISA} = \frac{0,68}{113} = 0,006 \text{ l/s} \quad (16)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa Escalonado}_{SINISA} = \frac{1,23}{88} = 0,014 \text{ l/s} \quad (17)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta Escalonado}_{CAGEPA} = \frac{1,84}{113} = 0,016 \text{ l/s} \quad (16)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa Escalonado}_{CAGEPA} = \frac{3,09}{88} = 0,035 \text{ l/s} \quad (17)$$

Por fim, as equações 18 e 19 representam um exemplo de cálculo para as modelagens SINISA e CAGEPA, para um nó com 4 áreas de consumo ao seu entorno (nó de centro), tendo em vista a macrozona em que está contido:

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta } R4_{SINISA} = 0,006 \cdot 4 = 0,024 \text{ l/s} \quad (18)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa } R4_{SINISA} = 0,014 \cdot 4 = 0,055 \text{ l/s} \quad (19)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Alta } R4_{CAGEPA} = 0,016 \cdot 4 = 0,064 \text{ l/s} \quad (18)$$

$$Demanda \text{ Nó Zona Baixa } R4_{CAGEPA} = 0,035 \cdot 4 = 0,140 \text{ l/s} \quad (19)$$

A Tabela a seguir resume a demanda média total dos nós genéricos, conforme explicado no item 5.6.1:

Tabela 13 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós genéricos.

MACROZONA	ZONA	Nº NÓS	DEMANDA MÉDIA (l/s)	
			SINISA	CAGEPA
ALTA	1	37	0,56	1,51
ALTA	13	7	0,11	0,29
ALTA	16	0	0,00	0,00
ALTA	19	0	0,00	0,00
ALTA	23	1	0,02	0,04
BAIXA	2	31	0,98	2,46
BAIXA	5	4	0,13	0,32
BAIXA	6	2	0,06	0,16
BAIXA	24	2	0,06	0,16
BAIXA	25	0	0,00	0,00
ALTA TOTAL		45	0,68	1,84
BAIXA TOTAL		39	1,23	3,09
TOTAL		84	1,91	4,93

Fonte: Autoria Própria (2024).

6.10.4 – Demanda máxima da macrozona

Quanto às variações diárias, utilizou-se o coeficiente do dia de maior consumo (K_1) que é obtido pela razão entre o maior consumo médio diário registrado no ano e o consumo médio diário ao longo desse período, com seu resultado variando entre 1,2 e 2,0, a depender das condições locais. Para o coeficiente da hora de maior consumo (K_2), que relaciona o máximo consumo horário verificado num dia e o consumo médio horário do mesmo dia, com seu valor variando entre 1,5 e 2,0. A CAGEPA recomenda os valores de K_1 e K_2 iguais a 1,2 e 1,5, respectivamente. Desta forma, a demanda máxima dos nós das macrozonas zona alta e baixa do município podem ser resolvidas pelas equações 20 e 21 ficando demonstrado a seguir:

$$q_{m\acute{a}x} \text{ Zona Alta Total}_{SINISA} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,78 = 3,20 \text{ l/s} \quad (20)$$

$$q_{m\acute{a}x} \text{ Zona Baixa Total}_{SINISA} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 2,59 = 4,66 \text{ l/s} \quad (21)$$

$$q_{m\acute{a}x} \text{ Zona Alta Total}_{CAGEPA} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 4,78 = 8,60 \text{ l/s} \quad (20)$$

$$q_{m\acute{a}x} \text{ Zona Baixa Total}_{CAGEPA} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 6,50 = 11,70 \text{ l/s} \quad (21)$$

q : consumo total (l/s).

6.10.5 – Demanda média da macrozona

A demanda média das macrozonas foram, como já citado, fornecidas pela CAGEPA, em que foram extraídas a partir da macromedição do Reservatório Apoiado 2 que abastece a zona baixa e da macromedição do Reservatório Elevado 3, que abastece a zona alta, para o caso do SINISA essas demandas foram calculadas pelas equações 9 e 10. No caso da demanda das macrozonas alta e baixa, para ambos os cenários, utilizou-se as equações 22 e 23.

$$q_{méd} \text{ Zona Alta Total}_{SINISA} = 1,78 \text{ l/s} \quad (22)$$

$$q_{méd} \text{ Zona Baixa Total}_{SINISA} = 2,59 \text{ l/s} \quad (23)$$

$$q_{méd} \text{ Zona Alta Total}_{CAGEPA} = 4,78 \text{ l/s} \quad (22)$$

$$q_{méd} \text{ Zona Baixa Total}_{CAGEPA} = 6,50 \text{ l/s} \quad (23)$$

q : consumo total (l/s).

6.10.6 – Demanda mínima da macrozona

A demanda mínima (K_3) varia entre 0,3 e 0,5 e relaciona a variabilidade mínima de fluxo entre a vazão mínima horária e a vazão média horária durante o dia e ocorre no horário de menor consumo. Na ausência de dados, a NBR 12.211 (1992) recomenda adotar o valor de 0,5 da vazão, assim sendo, a demanda das macrozonas mínima é demonstrada nas equações 24 e 25:

$$q_{\min} \text{ Zona Alta Total}_{\text{SINISA}} = 0,5 \cdot 1,78 = 0,89 \text{ l/s} \quad (24)$$

$$q_{\min} \text{ Zona Baixa Total}_{\text{SINISA}} = 0,5 \cdot 2,59 = 1,29 \text{ l/s} \quad (25)$$

$$q_{\min} \text{ Zona Alta Total}_{\text{CAGEPA}} = 0,5 \cdot 4,78 = 2,39 \text{ l/s} \quad (24)$$

$$q_{\min} \text{ Zona Baixa Total}_{\text{CAGEPA}} = 0,5 \cdot 6,50 = 3,25 \text{ l/s} \quad (25)$$

q : consumo total (l/s).

6.11 – Análise in LOCO do sistema de abastecimento

Após a realização das entrevistas com os proprietários dos estabelecimentos, constatou-se que a maioria dos comércios (alimentação, indústria, serviços etc) não utilizam água do fornecimento público para suas atividades, mas retiram seu abastecimento de poços artesianos perfurados no próprio terreno. O APÊNDICE VII demonstra todos os endereços catalogados na pesquisa e ilustra que apesar da rede pública atravessar locais próximos aos comércios, muitos proprietários optam por ter fornecimento de água próprio.

Uma parte dos entrevistados alegaram que utilizam a rede, mas com o inconveniente da falta de pressão nos horários de pico e interrupção do fornecimento de água, ocorrido devido a problemas de vazamentos e rompimento de tubos.

Desta forma, com o intuito de representar os vazamentos da rede que diminuem a pressão e ocasionam o inconveniente da baixa disponibilidade de água nos horários de pico, testou-se alguns valores variando de 20 em 20%, iniciando de 0 até 100%, em que se chegou ao número de majoração de 40% devido ao fato de ser o percentual de vazamento suficiente para diminuir a pressão em aproximadamente 1,0m. Portanto, a demanda final considerada para todos os nós (cabeceira e genérico) foi acrescida em 40%, a Tabela 14 exemplifica a demanda dos nós genéricos a partir do produto das equações dos itens 6.10.4, 6.10.5 e 6.10.6.

Tabela 14 – Quadro resumo das demandas das macrozonas dos nós genéricos com vazamento.

VAZÃO	MACROZONA	DEMANDAS (l/s)	
		SINISA	CAGEPA
Q MÁX	ALTA	0,0383	0,1029
	BAIXA	0,0794	0,1998
Q MÉD	ALTA	0,0213	0,0572
	BAIXA	0,0441	0,1110
Q MÍN	ALTA	0,0106	0,0286
	BAIXA	0,0221	0,0555

Fonte: Autoria Própria (2024).

A seguir está apresentada uma Tabela resumo com os principais valores calculados ao longo da marcha de calcula demonstrada ao longo da metodologia e calculada na análise de resultados demonstrados anteriormente:

Tabela 15 – Quadro resumo da marcha de cálculo dos valores a serem colocados no EPANET.

DESCRIÇÃO	UND.	SINISA (2022)	CAGEPA (2024)	USO
MACROZONA ALTA	POP	2023	2237	EPANET
MACROZONA BAIXA	POP	2943	3044	EPANET
ÍNDICE DE PERDAS	%	30,34%	48,55%	EPANET
Q EFETIVO	L/HAB/DIA	52,86	128,53	TEXTO
Q TOTAL	L/HAB/DIA	75,88	184,51	EPANET
Q1	L/S	5,496	14,210	TEXTO
Q2	L/S	5,234	13,533	TEXTO
Q3	L/S	7,851	20,300	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL	L/S	1,777	4,778	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL	L/S	2,585	6,500	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA P/ NÓ TOTAL	L/S	0,015	0,041	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA P/ NÓ TOTAL	L/S	0,032	0,079	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA P/ NÓ AGRUPADO	L/S	1,090	2,940	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA P/ NÓ AGRUPADO	L/S	1,360	3,410	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA P/ NÓ GENÉRICO	L/S	0,680	1,840	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA P/ NÓ GENÉRICO	L/S	1,230	3,090	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA P/ NÓ C/ ÁREA DE CONSUMO	L/S	0,006	0,016	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA P/ NÓ C/ ÁREA DE CONSUMO	L/S	0,014	0,035	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÁXIMA	L/S	0,027	0,073	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÁXIMA	L/S	0,056	0,142	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÉDIA	L/S	0,015	0,040	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÉDIA	L/S	0,032	0,079	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÍNIMA	L/S	0,008	0,020	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÍNIMA	L/S	0,015	0,039	TEXTO
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÁXIMA +40% VAZ.	L/S	0,038	0,103	EPANET
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÁXIMA +40% VAZ.	L/S	0,078	0,200	EPANET
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÉDIA +40% VAZ.	L/S	0,021	0,057	EPANET
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÉDIA +40% VAZ.	L/S	0,043	0,111	EPANET
DEMAN. ÁGUA ZONA ALTA TOTAL MÍNIMA +40% VAZ.	L/S	0,011	0,029	EPANET
DEMAN. ÁGUA ZONA BAIXA TOTAL MÍNIMA +40% VAZ.	L/S	0,021	0,056	EPANET

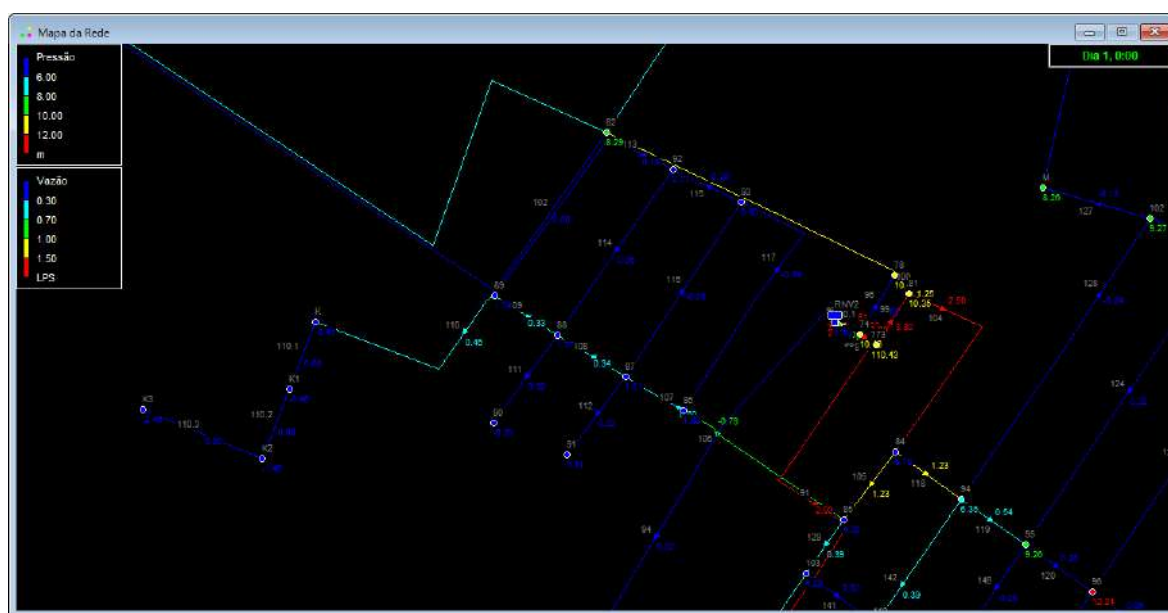
Fonte: Autoria Própria (2024).

6.12 – Processamento da rede de abastecimento

6.12.1 – Exportação para o EPANET

A Figura 32 a seguir demonstra alguns nós e trechos da rede já processada no EPANET, com seus valores de pressão nos nós e vazão nos trechos:

Figura 33 – Parte da modelagem do sistema de bananeiras no EPANET.



Fonte: Autoria Própria (2024).

6.12.2 – Resgate e análise dos dados de processamento

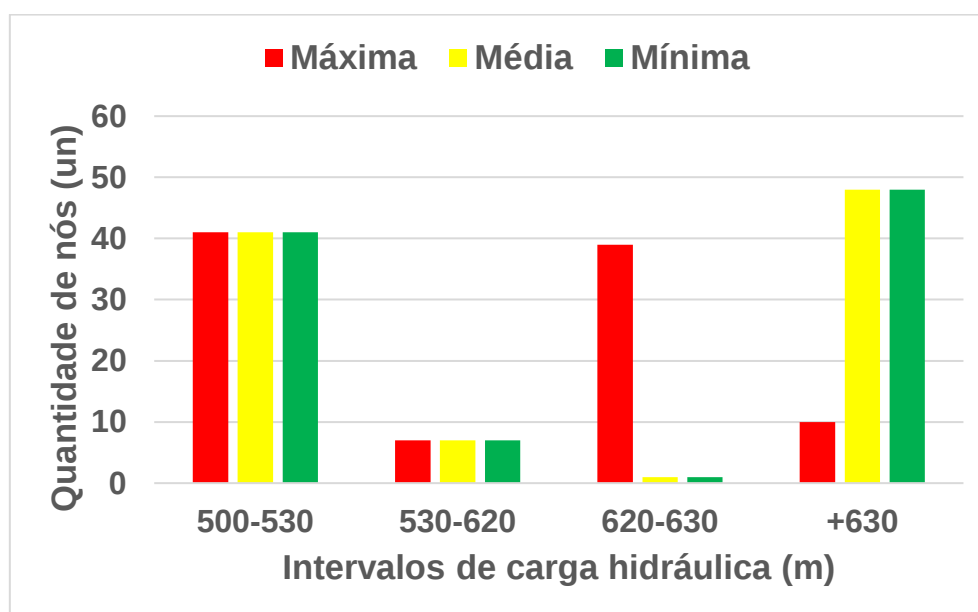
A análise dos dados de processamento foi realizada a fim de coletar as informações referentes aos nós de consumo e aos trechos inseridos nas modelagens SINISA e CAGEPA consideradas. Os resultados obtidos a partir do uso da ferramenta EPANET foram organizados no APÊNDICE VIII (SINISA) e APÊNDICE IX (CAGEPA), que representam os nós do sistema. Para tanto, as colunas das tabelas presentes nos apêndices foram organizadas em: macro. macrozona); micro. (microzona), nome do nó; áreas de consumo; demanda; carga hidráulica e pressão. Das variáveis citadas, as três últimas estão divididos em máxima; média e mínima.

Nos APÊNDICES X (SINISA) E XI (CAGEPA), os trechos do sistema foram organizados apresentando a identificação da macrozona, microzona, nome (trecho), material (tubo), DN (diâmetro nominal), comp. (comprimento), nome do nó de

montante, nome do nó de jusante, cota do nó de montante e cota do nó de jusante, seguido pela vazão, velocidade e perda de carga para os cenários de demandas máxima, média e mínima que foram calculados pelo EPANET.

Quanto ao estudo da carga hidráulica para o modelo SINISA, a partir da análise dos dados obtidos no Gráfico 9, é possível observar que 123 dos nós (42,27% do total) para os cenários máximo, médio e mínimo compreendem uma carga hidráulica que varia de 500m a 530m, abrangendo sobretudo, a zona baixa do município de Bananeiras. Por outro lado, 106 dos nós presentes (36,43% do total) apresentam uma carga hidráulica superior a 630 m, localizados em sua maioria na zona alta do município. Enquanto isso, os outros 62 nós (21,31% do total) dispõem de uma carga hidráulica que varia de 530m a 630m. Logo, para melhor compreender os resultados obtidos, é preciso levar em consideração a diferença de elevações entre as zonas baixa e alta da cidade, em relação ao nível do mar, bem como a perda de carga nas tubulações. Além disso, o baixo consumo de água nos nós pode ter contribuído para essa condição, resultando em pequenas variações na carga hidráulica entre os pontos de consumo, mesmo diante das diferentes demandas de água ao longo do dia.

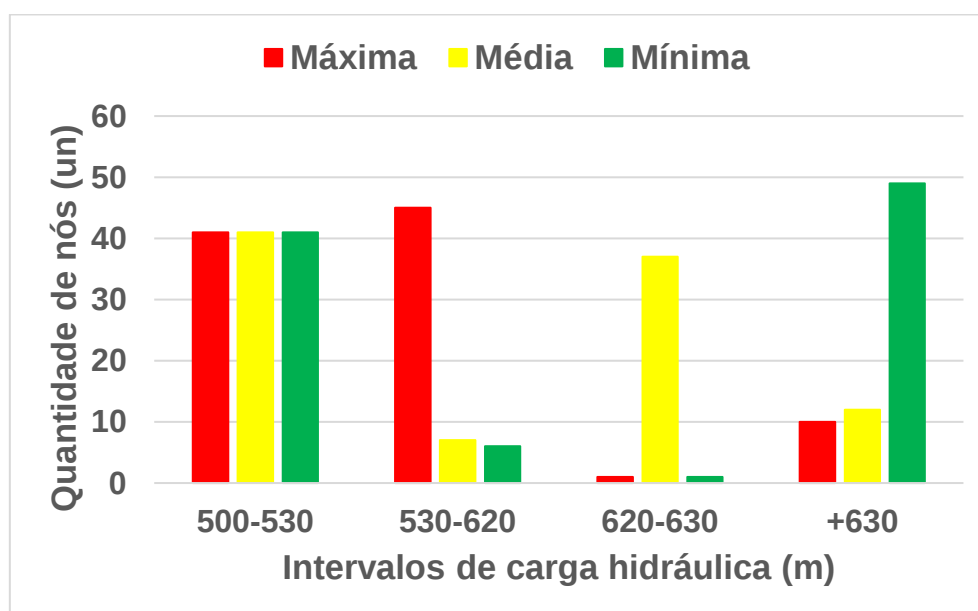
Gráfico 9 – Comparativo de intervalos de carga hidráulica para o modelo SINISA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto ao estudo da carga hidráulica nos trechos, analisado a partir do modelo da CAGEPA, no caso do Gráfico 10 que demonstra os intervalos para a modelagem, em 123 nós (42,27% do total) a carga hidráulica está situada entre 500m e 530m, enquanto que 97 nós (34,40% do total) estão no intervalo de 530m a 630m, e por último, 71 nós (25,18% do total) têm uma carga hidráulica superior a 630m. A variabilidade entre as duas modelagens é discreta, o que pode ser explicada pela condição topográfica do local, visto que a perda de carga pode influenciar na distinção desses valores.

Gráfico 10 – Comparativo de intervalos de carga hidráulica para o modelo CAGEPA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Para realizar o estudo da pressão dos nós, foram adotados os parâmetros da NBR 12.218 (1994), que recomenda a subdivisão da rede em zonas de pressão, onde a pressão estática mínima deve ser de 10 metros coluna de água (mca) e a pressão estática máxima de 50 mca.

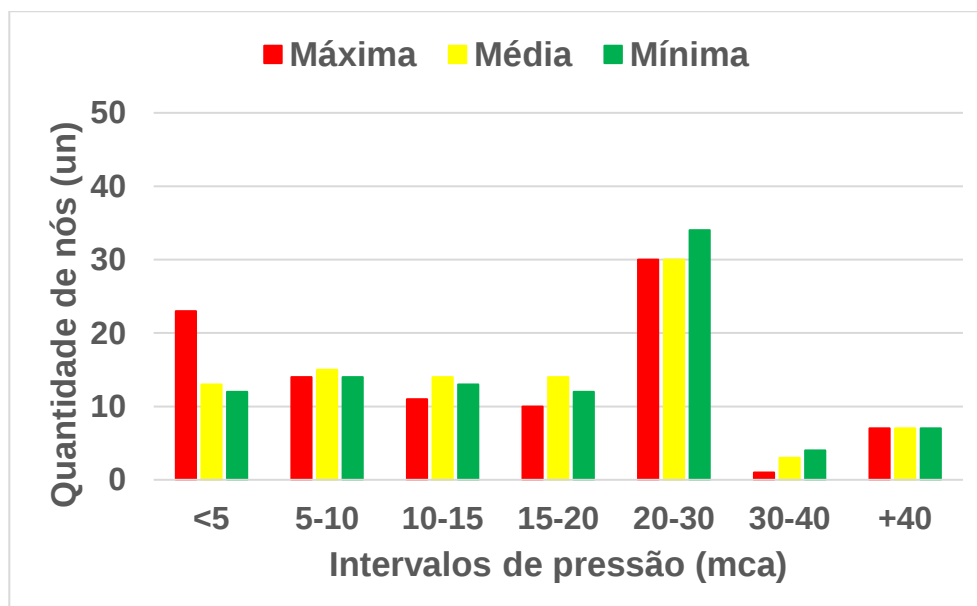
A partir dos dados obtidos, foi verificado que 94 nós (32,64% do total) apresentaram uma pressão na faixa de 20m a 30m. No entanto, para interpretar o resultado é preciso considerar o desnível topográfico da região estudada, que pode contribuir na elevação da pressão nos tubos, aumentando o risco de rompimentos. Esse fenômeno foi relatado por moradores e pode estar associado ao desperdício de

água devido a vazamentos, o que pode influenciar na redução da pressão em algumas áreas durante os horários de maior consumo.

Foi observado que 74 nós (25,69% do total) presentes nos trechos possuem uma pressão que varia entre 10m a 20m. Ao considerar o município estudado, essa faixa de pressão pode ser compreendida como adequada, pois garante o abastecimento eficiente dos domicílios e minimiza perdas por vazamento. Em contrapartida, 91 nós (31,60% do total) apresentaram pressão inferior ao recomendado, na faixa de 0m a 10m, o que pode comprometer o fornecimento de água na região.

Por fim, apenas 29 nós (10,07% do total) registraram pressão excessiva, superior a 30m, o que pode resultar em maiores perdas de água e custos elevados de energia e manutenção da rede. Todos os valores obtidos estão apresentados no Gráfico 11 a seguir.

Gráfico 11 – Comparativo de intervalos de pressão para o modelo SINISA.

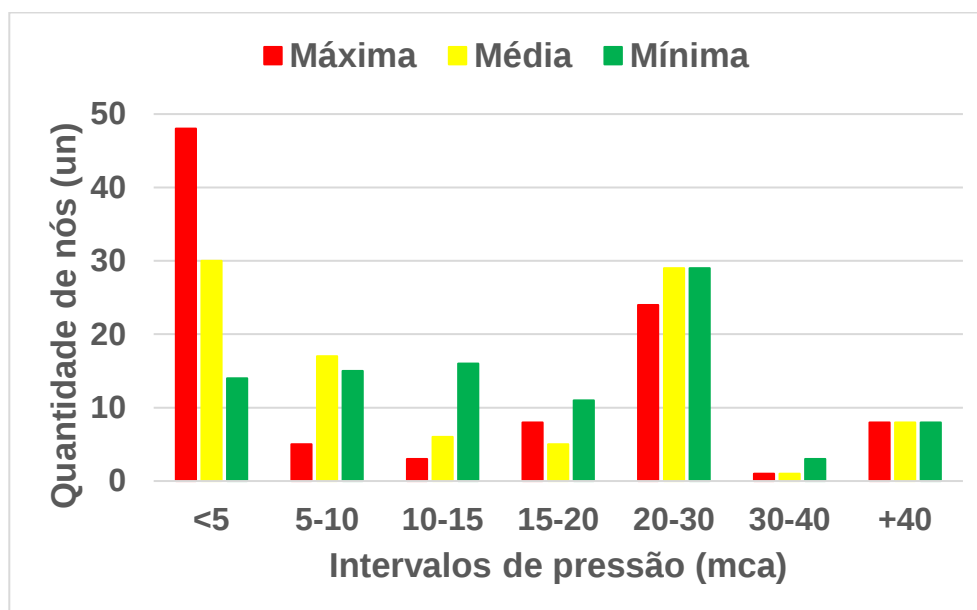


Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto ao estudo da pressão nos trechos, analisado a partir do modelo da CAGEPA, verifica-se que 82 nós (28,37% do total) apresentam uma pressão entre 20m a 30m, enquanto 49 nós (16,96% do total) possuem pressão adequada contida

no intervalo de 10m a 20m. Ademais, foi percebido que em 129 nós (44,64% do total) a pressão foi inferior a 10m, além de que 29 nós (10,03% do total) apresentaram pressão superior a 30m, valor muito semelhante a modelagem SINISA. O Gráfico 12 a seguir ilustra o intervalo de valores mencionado:

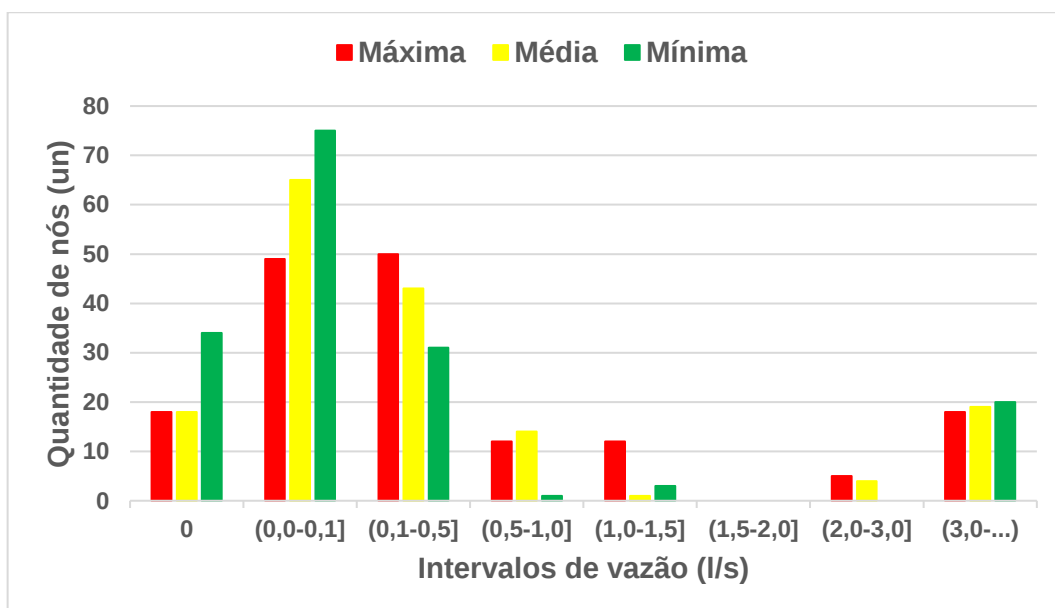
Gráfico 12 – Comparativo de intervalos de pressão para o modelo CAGEPA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Na análise dos dados para o modelo SINISA, foram avaliadas a vazão, a velocidade e a perda de carga. Quanto à vazão, verificou-se que 189 nós (38,41% do total) dos trechos apresentam uma descarga linear no intervalo de 0,0l/s a 0,1l/s. Em 151 nós (30,69% do total) a vazão foi apresentada na faixa de 0,1l/s a 1,0 l/s, enquanto que em 82 nós (16,67% do total), a vazão se apresentou com variações de 1,0l/s a 3,0l/s. Esse último resultado pode ser atribuído a trechos com maior declividade ou a regiões onde ocorrem bombeamento de água tratada, funcionando como condutos forçados. Por fim, 70 nós (14,23% do total) presentes nos trechos apresentaram vazão próxima a 0l/s, o que indica ausência de demanda de água ou valor que o EPANET considerada zero. O Gráfico 13 demonstra os resultados obtidos.

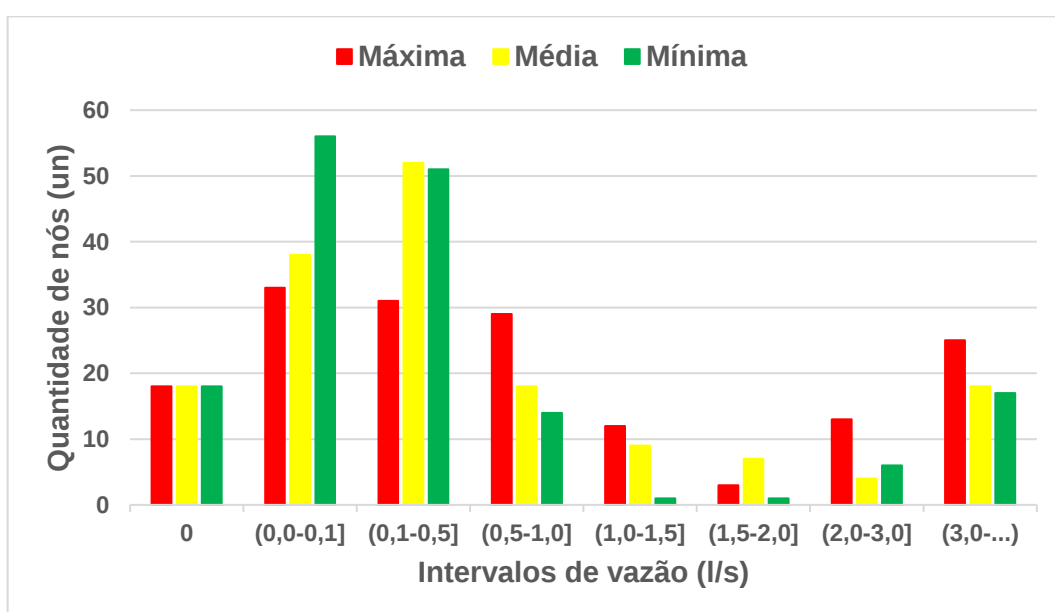
Gráfico 13 – Comparativo de intervalos de vazão para o modelo SINISA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto ao estudo da vazão nos trechos, analisado a partir do modelo da CAGEPA e ilustrado no Gráfico 14 a seguir, observa-se que 127 nós (25,81% do total) estão com vazão entre 0,0/s e 0,1l/s, enquanto em 195 nós (39,63% do total) esse valor está entre 0,1/s e 1,0l/s. Para intervalos entre 1,0/s e 3,0l/s tem-se 116 nós (23,58% do total) e 54 nós (10,98% do total) com vazão próxima a zero.

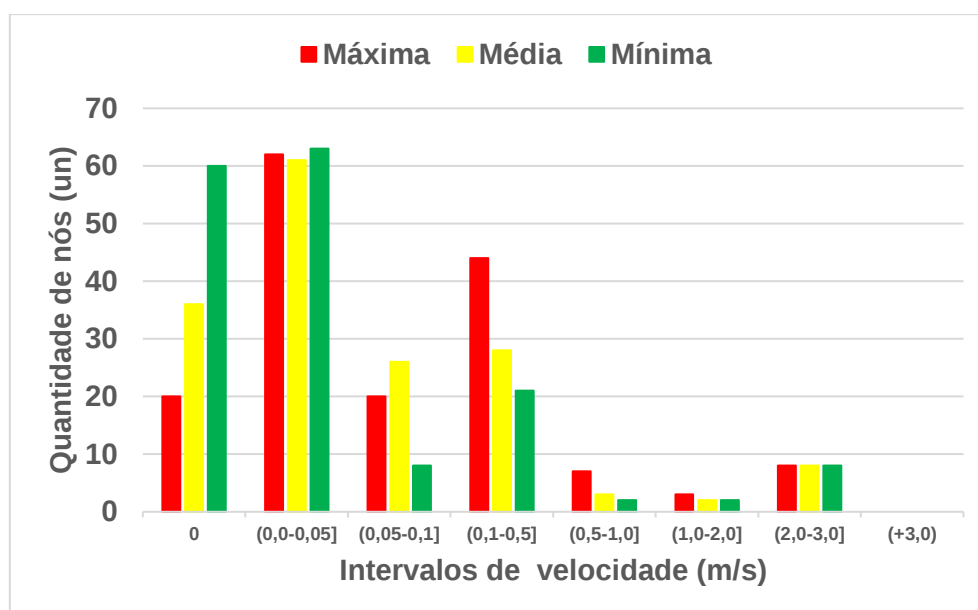
Gráfico 14 – Comparativo de intervalos de vazão para o modelo CAGEPA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

O estudo da velocidade foi realizado adotando-se o que é recomendado na norma NBR 12.218 que determina uma velocidade mínima de 0,6 m/s nas tubulações, a fim de evitar a contaminação da água por detritos ao entorno do tubo. Assim sendo, para o modelo do SINISA foi verificado que 302 trechos (61,38% do total) apresentaram intervalos de 0,0m/s a 0,05m/s, e 12 trechos (2,44% do total) dispõem de intervalos de 0,5m/s a 1,0m/s. Ademais, foi notado que em 31 trechos (6,30% do total) a velocidade variou de 1,0m/s a +3,0m/s, resultado que precisa ser interpretado considerando a alta declividade do terreno. Por fim, foi verificado que 116 trechos (23,58% do total) apresentaram velocidade de 0m/s, o que sugere que essas regiões não possuem demanda de água. Os resultados analisados podem ser visualizados no Gráfico 15 a seguir:

Gráfico 15 – Comparativo de intervalos de velocidade para o modelo SINISA.

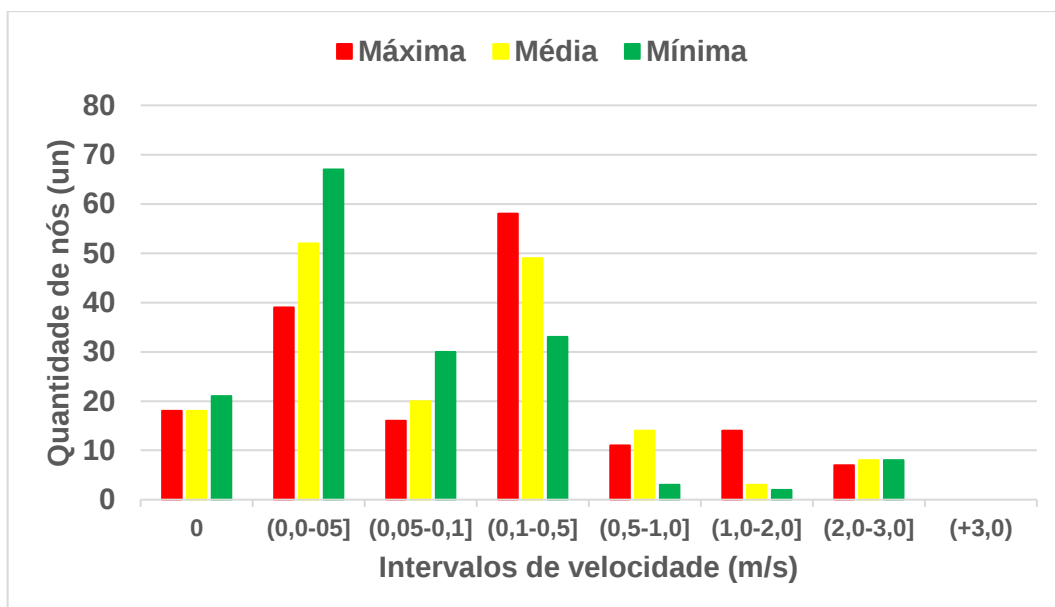


Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto ao estudo da velocidade nos trechos analisado a partir do modelo da modelagem da CAGEPA, como pode ser melhor representado no Gráfico 16, é apresentado que em 215 trechos (43,79% do total) a velocidade está abaixo de 0,05m/s e somente 28 trechos (5,70% do total) possuem velocidade entre 0,5 m/s e 1,0m/s. Por fim, 42 trechos (8,55% do total) têm velocidade acima de 1,0 m/s e abaixo

de 3,0m/s e 57 trechos (11,61% do total) com velocidade de 0,0m/s, o que indica ausência de demanda de água no respectivo trecho.

Gráfico 16 – Comparativo de intervalos de velocidade para o modelo CAGEPA.

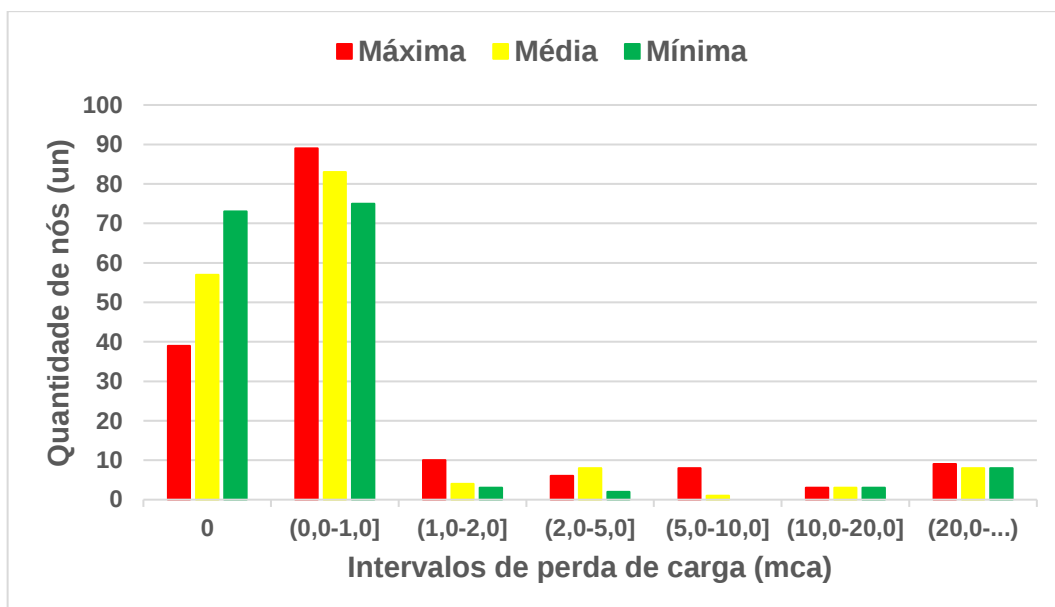


Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto ao estudo da perda de carga presente nos trechos, foi adotada a recomendação da norma NBR 12.218, que determina uma perda máxima de 10m por quilômetro de rede (10 m/km). Logo, foi observado no modelo do SINISA que 247 trechos (50,20% do total) apresentaram intervalos de 0,0m a 1,0m, resultado que precisa ser analisado levando em consideração a baixa demanda de água presente nos nós. Além disso, 42 trechos (8,54% do total) demonstraram perda de carga no intervalo de 1,0m a 10m, valor que se encontra dentro do limite adotado. Por outro lado, 34 trechos (6,91% do total) apresentaram perdas de carga superiores à recomendação, o que pode ser situado no intervalo de 10,0m a 20,0m. No entanto, é preciso interpretar esses valores considerando as características desses trechos, que em sua maioria, correspondem a ramais pressurizados das estações elevatórias contidas na rede e em locais com elevada declividade. A ocorrência dessas elevadas perdas de carga pode resultar em menor eficiência energética do sistema de bombeamento. Por fim, foi observado que 169 trechos (34,35% do total) manifestaram perdas de carga extremamente baixas correspondentes a 0m, sendo assim

consideradas nulas pelo software EPANET. O Gráfico 17 a seguir ilustra os resultados obtidos:

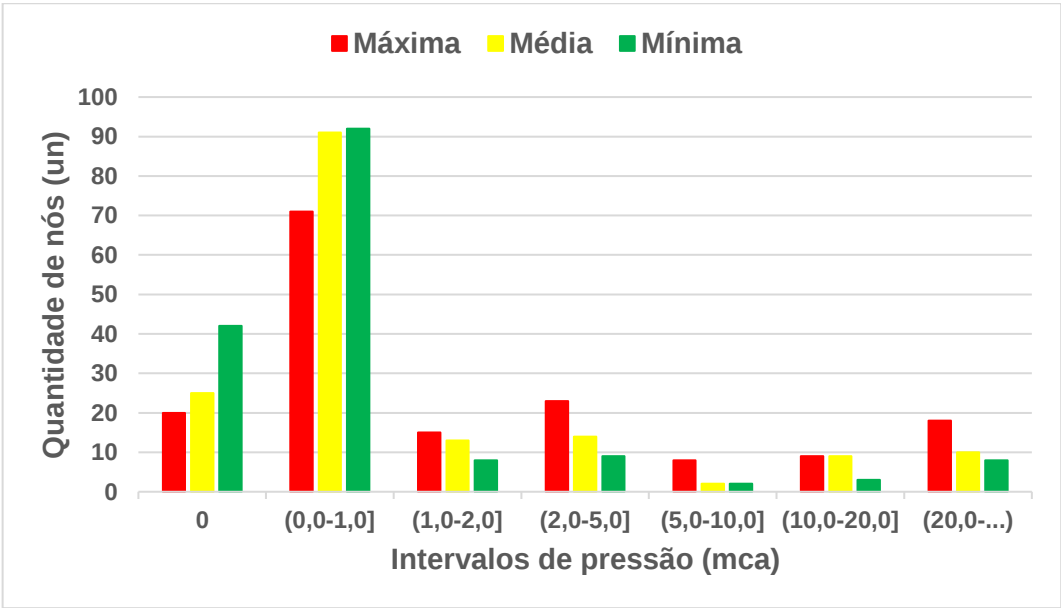
Gráfico 17 – Comparativo de intervalos de perda de carga para o modelo SINISA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Quanto à perda de carga nos trechos analisados segundo os dados da CAGEPA no Gráfico 18, tem-se que 254 trechos (51,63% do total) apresentaram uma perda de carga entre 0,0m e 1,0m, enquanto que 94 trechos (19,11% do total) estão no intervalo de 1,0m e 10,0m e 57 trechos (11,59% do total) manifestaram uma perda de carga superior aos 10,0m recomendados pela norma. É interessante observar que a quantidade de trechos com perda de carga aproximada para 0m pelo EPANET caiu para 87 casos (17,68% do total).

Gráfico 18 – Comparativo de intervalos de perda de carga para o modelo CAGEPA.



Fonte: Autoria Própria (2024).

7.0 – CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados ao longo do estudo e tendo em vista que o município de Bananeiras-PB apresenta uma disposição da malha de abastecimento bastante irregular, foi observado que essa situação pode contribuir para uma dificuldade na interpretação dos dados acerca da demanda dos nós e vazão dos trechos, fator que pode ser agravado pela extensão de 34315,73m de tubos, além do alto desnível topográfico, baixo índice de micromedição e macromedição.

Assim sendo, é proposto unir contribuições de vários órgãos públicos (CAGEPA, IBGE, SINISA, TCE-PB) no intuito de modelar uma rede de abastecimento de água que seja viável para utilização em análises futuras. Para tanto, é necessária a substituição dos valores que envolvem a demanda de água nos nós, o volume de reservação de água e especificações de estações elevatórias.

O modelo físico elaborado no EPANET não apresentou problemas quanto ao seu desenvolvimento e pode ser utilizado por qualquer profissional, professor ou estudante que tenha interesse em estudar o sistema, onde sua viabilidade pode ser comprovada pela praticidade da consideração de vários cenários para o modelo ao se alterar os dados de consumo dos nós, fatores multiplicativos da demanda de água ao longo do dia, especificações de bombeamento e reservação de água.

Ademais, com os dados obtidos no modelo SINISA, é possível observar que a baixa demanda de água inserida nos nós dificulta o processamento dos valores pelo EPANET, onde dados como vazão, velocidade e perda de carga apresentam uma variabilidade muito baixa, o que pode prejudicar a identificação dos pontos de maior vulnerabilidade na rede. No entanto, a carga hidráulica e a pressão apresentaram dados mais aproximados da realidade por dependerem, em grande parte, do desnível presente no terreno. Portanto, essas duas variáveis podem ser utilizadas para apontar trechos de alta pressão, o que pode contribuir na identificação de vazamentos e rompimento de tubulações, além de baixa pressão, no que se refere a continuidade do abastecimento durante todas as horas do dia.

Foi calibrada a simulação estática do EPANET com situações reais de falta de pressão, vazamentos ou mesmo não utilização da rede, a fim de construir um modelo mais atual e eficiente. Na simulação da CAGEPA, essa demanda foi consideravelmente maior, o que possibilitou distinguir as áreas mais sensíveis à falta

de água ao se observar a carga hidráulica e a pressão nos nós, bem como nos trechos, onde foi possível identificar os segmentos que possuem uma velocidade ou perda de carga fora dos limites estabelecidos pela NBR 12.218. Além disso, a partir de pesquisa in loco, que se deu através de ligações telefônicas, foram obtidas informações de moradores locais quanto à demanda de água nas tubulações, onde é possível questionar a eficiência da calibração do sistema de abastecimento a partir das seguintes hipóteses: houveram menos de 10 pontos de consulta, além de que parte dos entrevistados alegaram que não utilizam água da concessionária e as respostas obtidas não esclareceram bem a gravidade dos vazamentos ou demais problemas da rede.

Infere-se, portanto, que a modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água de Bananeiras-PB trata-se de uma tarefa que depende da colaboração e da divulgação de dados de vários órgãos que, de alguma forma, construíram, operaram ou financiaram suas obras e que, na ausência da precisão e da coerência de valores necessários à análise, ela se torna enviesada e pouco precisa. Além disso, é visível a disparidade do comportamento da rede ao serem utilizados os dois veículos de dados (SINISA, 2022 e CAGEPA, 2024) e que a versão oficial divulgada do SINISA ilustra uma rede com um comportamento viável quanto à adequação da carga hidráulica, pressão para os nós, vazão, velocidade e perda de carga nos trechos. Logo, é posto que o modelo SINISA é mais eficiente em comparação à versão não oficial da CAGEPA, posto que o primeiro se encontra mais de acordo com as recomendações estabelecidas pelas normas técnicas. Essa justificativa pode ser corroborada tendo em vista que a versão não oficial da CAGEPA indica uma rede com um funcionamento inadequado para esses mesmos parâmetros. Esse comportamento da versão não oficial exige, portanto, certa urgência de manutenção corretiva, a fim de readequar os itens considerados para os nós e trechos do sistema de abastecimento de água para as recomendações técnicas (NBR 12.218/2017 e NBR 12.211/92), como também manutenção preventiva para as partes que estão em bom funcionamento a fim de evitar perdas de água e assegurar a continuidade do abastecimento para a população do município.

8.0 – REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12218. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público — Procedimento. Maio de 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12218. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Julho de 1994.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12211. Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Abril de 1992.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Saneamento básico no Brasil. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/saneamento-basico-no-brasil>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

AUTODESK. *AutoCAD 2024* [software]. Versão Estudante 2023. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/autocad>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BARBOSA, Maria Gabriella Negromante. Estudo de viabilidade econômica da eficiência hidroenergética do Macrossistema de Abastecimento de Água da cidade de Bananeiras-PB. 2024. Qualificação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2024.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DE SÃO PAULO. Projeto de sistemas de distribuição de água. São Paulo, 1975, 336p.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (Paraíba). Traçado das tubulações de abastecimento de água de Bananeiras-PB e Solânea-PB, 2023. Traçado em linhas. Escala 1:1.

EPACAD. *EPACAD* [software]. Versão 2009 recente. Disponível em: <<http://www.epacad.com.br/>>. Acesso em: 05 nov. 2024.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustavel>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

GOMES H. P.; SALVINO M.M. 2009. EPANET 2.0 Brasil Manual do Usuário. Tradução e Adaptação Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, ago. 2009.

GOMES, Heber Pimentel. ABASTECIMENTO DE ÁGUA. 1a. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, 2019.

GOOGLE LLC. *Google Earth Pro* [software]. Versão 2025 Disponível em: <<https://www.google.com/earth/versions/>>. Acesso em: 27 set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bananeiras – PB. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/bananeiras.html>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel Saneamento Brasil. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/painel-saneamento-brasil>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO. EPANET Brasil 2020 [software]. Versão 2.0. Disponível em: <<https://ct.ufpb.br/lenhs/contents/menu/assuntos/epanet>>. Acesso em: 05 nov. 2024.

MICROSOFT CORPORATION. *Microsoft Excel* [software]. Versão 2021. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>>. Acesso em: 05 nov. 2024.

Ministério do Desenvolvimento Regional. Indicadores de Água e Esgoto: Mapa de Água - Paraíba. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2025. Disponível em: < <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Consumo vampírico está esgotando a água no mundo, afirma secretário-geral da ONU. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/224386-consumo-vamp%C3%ADrico-est%C3%A1-esgotando-%C3%A1gua-no-mundo-afirma-secret%C3%A1rio-geral-da-onu>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 3.38.3 [software]. Versão 3.38.3. Disponível em: <<https://qgis.org>>. Acesso em: 27 set. 2024.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Séries Históricas. (2022). Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em 08 jan. 2025.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DA PARAÍBA (Paraíba). Projeto DECIDE. Cimdurb Brejo. Traçado das curvas de nível de Bananeiras-PB, 2019. Planimetria Urbana. Escala 1:10000.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DA PARAÍBA (Paraíba). Projeto DECIDE. Cimdurb Brejo. Traçado dos limites municipais de Bananeiras-PB, 2019. Aerofotogrametria. Escala 1:10000.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DA PARAÍBA. TCE conclui etapa inicial do programa DECIDE com entrega do mapeamento aéreo a Bananeiras. Disponível em: <<https://tce.pb.gov.br/noticias/tce-conclui-etapa-inicial-do-programa-decide-com-entrega-do-mapeamento-aereo-a-bananeiras/>>. Acesso em: 27 set. 2025.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. ABASTECIMENTO DE ÁGUA, 3º ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016.

UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

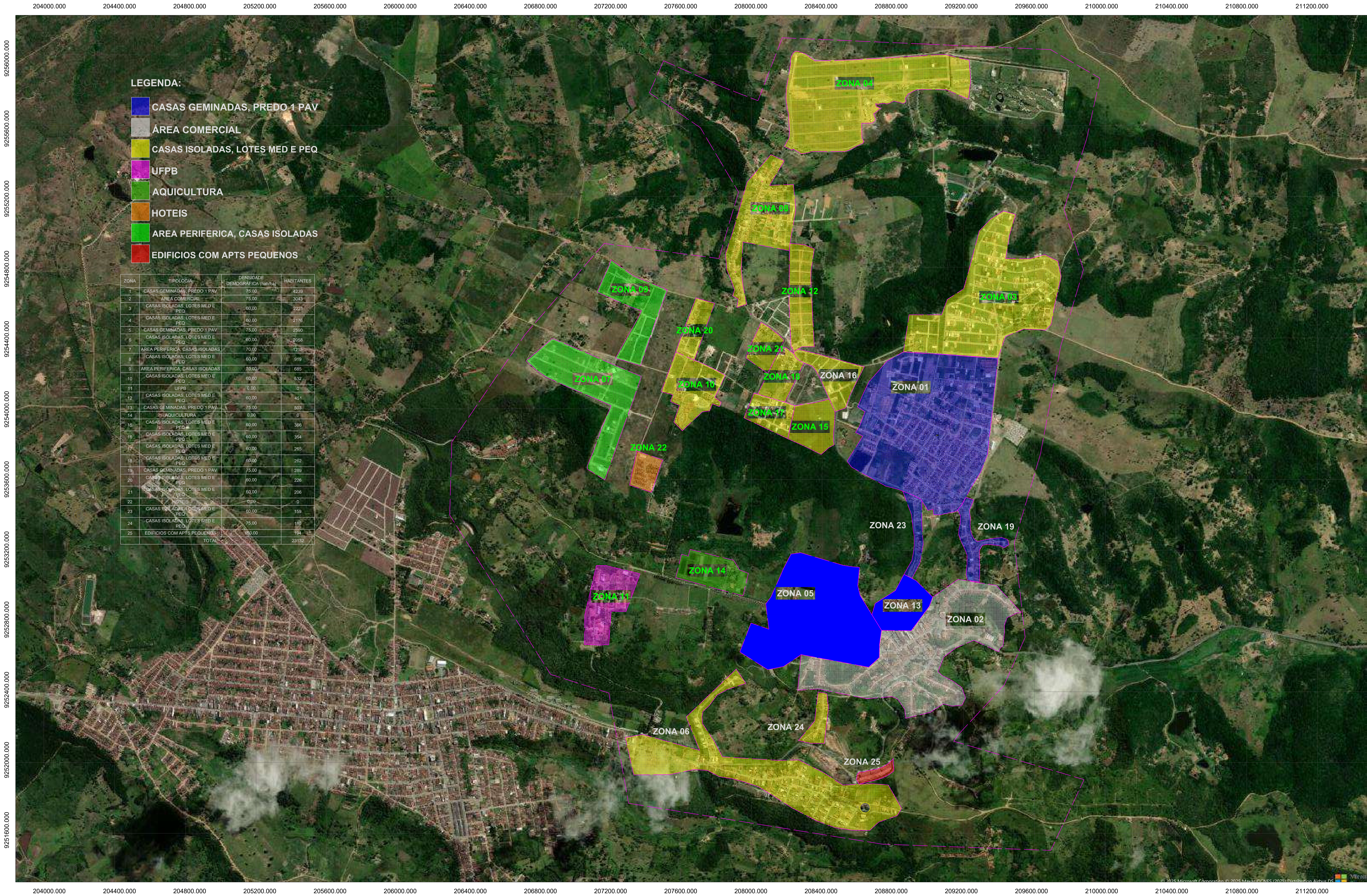
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Bananeiras-PB. Disponível em: <https://pmsbfunasa.uaec.ufcg.edu.br/images/produtos/bananeiras/bananeiras_produto-ab.pdf>. Acesso em 08 jan. 2025.

PORTO, Rodrigo de Melo. HIDRÁULICA BÁSICA. 4a. Escola de Engenharia de São Carlos, 2006.

BRASIL. Portaria nº 490, de 22 de março de 2021. Dispõe sobre a criação da política de segurança pública e o planejamento estratégico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 mar. 2021. Seção 1, p. 3.

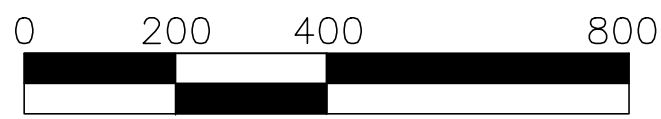
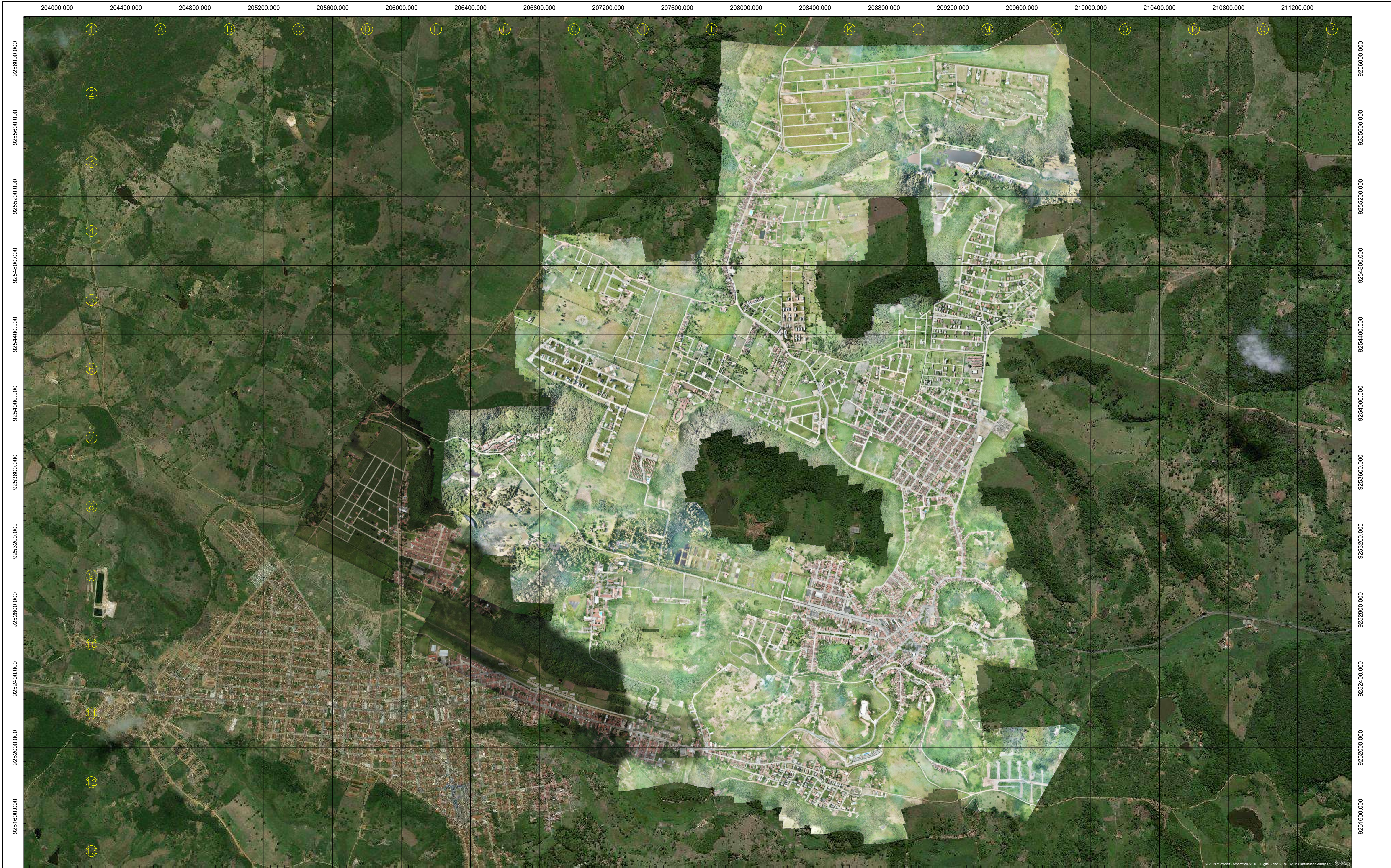
BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Art. 1286. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2002.

WIKIPÉDIA. Bananeiras. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Bananeiras>>. Acesso em: 27 abr. 2025.

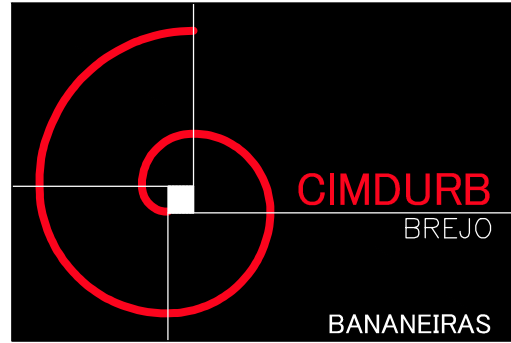


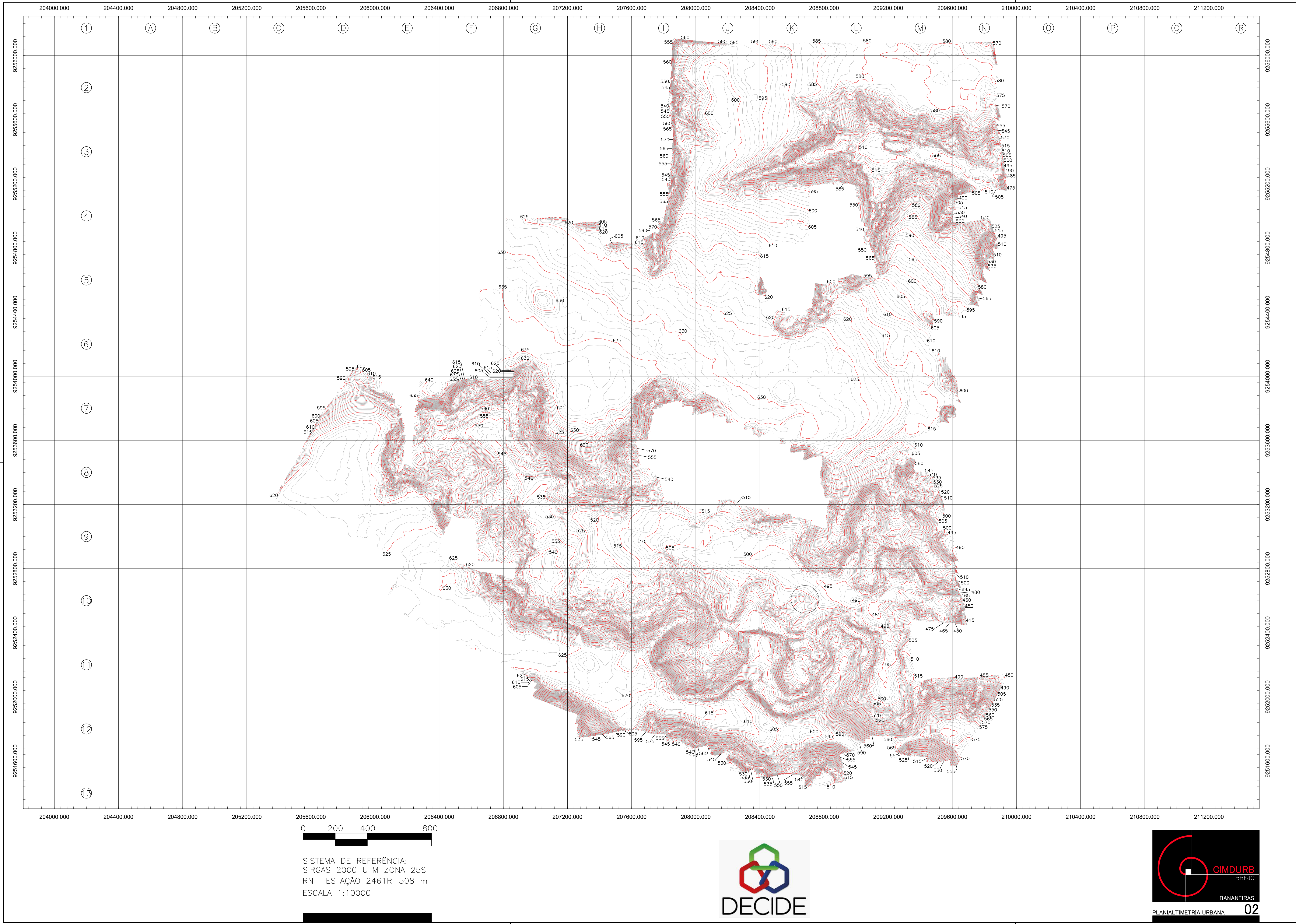
SISTEMA DE REFERÊNCIA:
SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S
RN- ESTAÇÃO 2461R-508 m

FOLHA Nº:		PROJETO: MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS	
APÊNDICE I		LOCAL: BANANEIRAS - PARAIBA	
ESTUDO:	02/25	ESTUDANTE:	INFORMAÇÕES TÉCNICAS
DESENHO:	02/25	DENNER VIANNA	PROJETO ELABORADO PARA COMPLEMENTO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO PERÍODO 2024.2 DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA DO ALUNO DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA MAT 2016181225
CÓPIA:			
TÍTULO:		ANEXO I - ZONEAMENTO ADOPTADO PARA O MUNICÍPIO.	
ESCALA: 1/1000		Como indicado	PRANCHIA:
			DATA: 02/2025

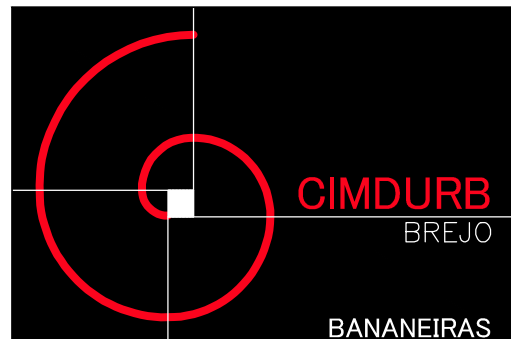


SISTEMA DE REFERÊNCIA:
SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S
RN- ESTAÇÃO 2461R-508 m
ESCALA 1:10000





SISTEMA DE REFERÊNCIA:
SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S
RN- ESTAÇÃO 2461R-508 m
ESCALA 1:10000





DESCRIÇÃO	SINISA (2022)	CAGEPA (2024)
População total (hab)	23132,00	23132,00
Rede (m)	34315,73	34315,73
População Abast. (hab)	4966,44	5281,00
Nº ligações (und)	1410,00	1410,00
Nº economias (und)	1438,20	1438,20
Economias/ligação	1,02	1,02
Atendimento (%)	0,21	0,23
Exten. Rede (m/lig)	16,79	24,34
IP (%)	0,30	0,49
Q total (l/hab.dia)	75,88	184,51
Q efetivo (l/hab.dia)	52,86	128,53
Q perdido (l/hab.dia)	23,02	55,98
Hidrometração (%)	0,66	0,66
População abas. zona alta (hab)	2023,05	2237,27
População abas. zona baixa (hab)	2943,39	3043,73
Vazão zona alta (l/s)	1,78	4,78
Vazão zona baixa (l/s)	2,59	6,50
Perdas Lineares (m³/dia/km)	0,79	1,92
Perdas ligação (l/hab.dia)	60,01	209,67
Qmáxima (l/s)	7,85	20,30
Nº nós zona alta	144,00	144,00
Nº nós zona baixa	123,00	123,00
Nº nós consumo zona alta	117,00	117,00
Nº nós consumo zona baixa	82,00	82,00
Q por nó zona alta (l/s)	0,02	0,04
Q por nó zona baixa (l/s)	0,03	0,08
K1	1,20	1,20
K2	1,50	1,50
K3	0,50	0,50
ETA	1,05	1,05
DESPERDÍCIO	1,40	1,40

DIÂMETRO NOMINAL	MATERIAL	COMPRIMENTO (M)	Nº TRECHOS
DN 50	PVC DeFoFo	26595,67	129
DN 75	PVC DeFoFo	2416,72	10
DN 100	PVC DeFoFo	2141,04	9
DN 100	FF	446,26	1
DN 150	PVC DeFoFo	1793,92	3
DN 200	PVC DeFoFo	858,69	11
DN 200	FF	63,43	1
TOTAL		34315,73	184

SISTEMA DE REFERÊNCIA:
SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S
RN- ESTAÇÃO 2461R-508 m

FOLHA Nº:
APÊNDICE IV

PROJETO: MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS
LOCAL: BANANEIRAS - PARAIBA

ESTUDO: 02/25

DESENHO: 02/25

CÓPIA:

ESTUDANTE: DENNER VIANNA

DENNER VIANNA

INFORMAÇÕES TÉCNICAS:
PROJETO ELABORADO PARA COMPLEMENTO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO PERÍODO 2024.2 DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA DO ALUNO DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA MAT 2016181225

TÍTULO: ANEXO IV - TUBULAÇÃO, CURVAS DE NÍVEL, IDENTIFICAÇÕES E DEMAIS ITENS.

ESCALA: 1/4000

Como indicado

PRANCHA:

DATA: 02/2025



ENHS
Engenharia e Arquitetura

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
BAIXA	6	PVC PBA	50	2008,65	A	A1	618	583
BAIXA	24	PVC PBA	50	180,46	B	B1	562	574
BAIXA	2	PVC PBA	50	1655,28	C	C1	521	552
BAIXA	2	PVC PBA	50	1053,92	D	D1	522	587
BAIXA	5	PVC PBA	50	1482,8	E	E1	535	574
BAIXA	5	PVC PBA	50	138,6	F	F1	505	514
ALTA	13	PVC PBA	50	371,03	G	G5	547	509
ALTA	1	PVC PBA	50	194,69	H	H2	607	597
ALTA	1	PVC PBA	50	1591,09	I	I4	611	515
ALTA	1	PVC PBA	50	112,78	J	J1	626	627
ALTA	1	PVC PBA	50	950,75	K	K3	629	631
ALTA	16	PVC PBA	50	1336,84	L	L4	632	624
ALTA	1	PVC PBA	50	417,92	M	M1	621	614
ALTA	1	PVC PBA	50	1536,39	N	N6	626	616
BAIXA	6	FF	200	63,46	BA1	2	603	602
BAIXA	6	PVC PBA	200	74,67	2	3	602	588
BAIXA	6	PVC PBA	150	1545,74	3	4	588	522
BAIXA	6	PVC PBA	150	12,67	4	RE2	522	521
BAIXA	6	PVC PBA	50	19,35	6	7	603	603
BAIXA	6	PVC PBA	50	162,52	7	8	603	597
BAIXA	6	PVC PBA	50	65,97	7	9	603	602
BAIXA	6	PVC PBA	50	915,95	2	A	602	617
BAIXA	6	PVC PBA	100	109,54	3	10	588	556
BAIXA	6	PVC PBA	100	236,02	10	11	556	570
BAIXA	6	PVC PBA	75	243,69	10	12	556	570

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
BAIXA	24	PVC PBA	50	323,53	11	13	570	559
BAIXA	24	PVC PBA	50	676,15	12	E	570	535
BAIXA	24	PVC PBA	50	502,91	B	14	562	536
BAIXA	2	PVC PBA	50	198,11	14	15	536	514
BAIXA	2	PVC PBA	50	168,51	14	16	536	524
BAIXA	5	PVC PBA	200	135,11	15	17	514	502
BAIXA	5	PVC PBA	200	39,04	17	18	502	501
BAIXA	5	PVC PBA	50	108,62	17	19	502	497
BAIXA	5	PVC PBA	50	101,09	18	20	501	496
BAIXA	5	PVC PBA	50	37,97	20	19	496	497
BAIXA	5	PVC PBA	50	493,22	19	21	497	502
BAIXA	5	PVC PBA	50	126,79	20	22	496	496
BAIXA	5	PVC PBA	200	142,96	18	23	501	499
BAIXA	5	PVC PBA	50	75,15	23	22	499	496
BAIXA	5	PVC PBA	200	95,21	23	24	499	496
BAIXA	5	PVC PBA	50	130,03	22	25	496	494
BAIXA	2	PVC PBA	200	9,08	24	25	496	494
BAIXA	2	PVC PBA	200	9,86	25	26	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	50	5,1	24	27	496	496
BAIXA	2	PVC PBA	50	76,78	27	28	496	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	85,72	27	29	496	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	61,69	29	30	499	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	21,11	30	31	500	502
BAIXA	2	PVC PBA	50	20,48	31	32	502	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	145,87	30	33	500	516

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
BAIXA	2	PVC PBA	50	170,99	31	34	502	507
BAIXA	2	PVC PBA	50	45,84	32	35	500	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	116,27	32	36	500	500
BAIXA	5	PVC PBA	50	328,71	36	37	500	525
BAIXA	5	PVC PBA	50	15,86	23	36	499	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	61,51	29	38	499	494
BAIXA	2	PVC PBA	50	133,14	38	39	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	50	75,9	38	40	494	495
BAIXA	2	PVC PBA	200	4	26	41	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	200	30,43	41	40	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	200	62	40	42	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	200	256,3	RE2	42	521	494
BAIXA	2	PVC PBA	75	152,98	42	43	494	490
BAIXA	2	PVC PBA	50	54,86	43	44	490	495
BAIXA	2	PVC PBA	50	54,71	43	45	490	494
BAIXA	2	PVC PBA	50	113,26	45	46	494	496
BAIXA	2	PVC PBA	50	28,14	45	47	494	496
BAIXA	2	PVC PBA	50	112,31	47	48	496	520
BAIXA	2	PVC PBA	50	28,34	48	D	520	522
BAIXA	2	PVC PBA	50	189,9	48	C	520	521
BAIXA	2	PVC PBA	150	235,51	26	49	494	498
BAIXA	2	PVC PBA	50	241,34	49	50	498	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	41,51	50	51	500	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	107,77	50	52	500	506
BAIXA	2	PVC PBA	50	64,94	51	53	500	500

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
BAIXA	2	PVC PBA	50	130,81	51	54	500	514
BAIXA	2	PVC PBA	50	57,28	53	F	500	505
BAIXA	2	PVC PBA	50	55,57	53	55	500	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	65,95	55	56	500	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	55,79	51	56	500	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	44,33	57	56	498	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	54,2	50	57	500	498
BAIXA	2	PVC PBA	50	176	58	57	497	498
BAIXA	2	PVC PBA	75	133,68	58	59	497	498
BAIXA	2	PVC PBA	75	69,14	59	60	498	498
BAIXA	2	PVC PBA	50	86,62	59	56	498	499
BAIXA	2	PVC PBA	50	86,78	60	55	498	500
BAIXA	2	PVC PBA	50	222,64	47	61	496	476
BAIXA	2	PVC PBA	50	81,36	41	62	494	494
BAIXA	2	PVC PBA	50	63,53	62	63	494	495
BAIXA	2	PVC PBA	50	50,38	62	64	494	496
ALTA	13	PVC PBA	75	29,48	64	63	496	495
BAIXA	5	PVC PBA	75	176,06	63	58	495	497
ALTA	13	PVC PBA	50	320,82	64	65	495	504
ALTA	13	PVC PBA	50	249,42	49	G	498	547
ALTA	13	PVC PBA	50	54,98	G	66	547	552
ALTA	13	PVC PBA	50	108,97	66	67	552	535
ALTA	13	PVC PBA	50	270,85	66	68	552	516
ALTA	13	PVC PBA	50	53,02	68	69	516	516
ALTA	13	PVC PBA	50	129,15	68	70	516	537

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
ALTA	13	PVC PBA	100	763,36	70	71	537	614
ALTA	1	PVC PBA	50	103,4	71	72	614	622
BAIXA	2	PVC PBA	100	428,04	RE2	BA2	521	576
ALTA	23	FF	100	446,26	BA2	72	576	622
ALTA	1	PVC PBA	100	306,55	72	73	622	624
ALTA	1	PVC PBA	100	10,25	73	74	624	624
ALTA	1	PVC PBA	100	18,62	74	RE3	624	633
ALTA	1	PVC PBA	75	441,99	RE3	76	633	622
ALTA	23	PVC PBA	50	329,76	76	77	622	573
ALTA	1	PVC PBA	50	42,81	74	78	624	624
ALTA	1	PVC PBA	50	21,63	79	80	624	625
ALTA	1	PVC PBA	100	42,48	79	81	624	624
ALTA	1	PVC PBA	100	226,18	81	82	624	626
ALTA	1	PVC PBA	75	523,77	82	L	626	632
ALTA	1	PVC PBA	75	435,65	82	83	626	628
ALTA	1	PVC PBA	75	210,28	82	N	626	626
ALTA	1	PVC PBA	50	147,04	81	84	624	624
ALTA	1	PVC PBA	50	53,55	84	85	624	625
ALTA	1	PVC PBA	50	122,75	85	86	625	627
ALTA	1	PVC PBA	50	41,92	86	87	627	627
ALTA	1	PVC PBA	50	50,8	87	88	627	627
ALTA	1	PVC PBA	50	47,21	88	89	627	627
ALTA	1	PVC PBA	50	142,66	89	K	627	629
ALTA	1	PVC PBA	50	68,97	88	90	627	629
ALTA	1	PVC PBA	50	61,84	87	91	627	628

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
ALTA	1	PVC PBA	50	168,29	88	92	627	626
ALTA	1	PVC PBA	50	127,41	88	92	627	626
ALTA	1	PVC PBA	50	48,06	92	93	626	625
ALTA	1	PVC PBA	50	132,35	87	93	627	625
ALTA	1	PVC PBA	50	180,13	86	93	627	625
ALTA	1	PVC PBA	50	50,97	84	94	624	623
ALTA	1	PVC PBA	50	49,98	94	95	623	620
ALTA	1	PVC PBA	50	51,61	95	96	620	617
ALTA	1	PVC PBA	50	49,66	96	97	617	614
ALTA	1	PVC PBA	50	97,39	97	98	614	615
ALTA	1	PVC PBA	50	198,48	96	99	617	617
ALTA	1	PVC PBA	50	231,32	95	100	620	618
ALTA	1	PVC PBA	50	207,31	100	101	618	614
ALTA	1	PVC PBA	50	53,06	100	102	618	620
ALTA	1	PVC PBA	50	70,28	102	M	620	621
ALTA	1	PVC PBA	50	213,86	94	102	623	621
ALTA	1	PVC PBA	50	41,88	85	103	625	625
ALTA	1	PVC PBA	50	114,86	103	104	625	622
ALTA	1	PVC PBA	50	68,39	104	J	622	626
ALTA	1	PVC PBA	50	26,91	104	105	622	620
ALTA	1	PVC PBA	50	68,88	105	106	620	618
ALTA	1	PVC PBA	50	26,35	105	107	620	618
ALTA	1	PVC PBA	50	24,3	107	108	618	616
ALTA	1	PVC PBA	50	63,65	108	109	616	613
ALTA	1	PVC PBA	50	27,68	108	110	616	613

APÊNDICE V - DADOS DOS TRECHOS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS

LOCALIZAÇÃO		TRECHO			NOME DO NÓ		COTA DO NÓ	
MICROZONA	MACROZONA	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
ALTA	1	PVC PBA	50	22,99	110	I	613	611
ALTA	1	PVC PBA	50	92,72	I	H	611	607
ALTA	1	PVC PBA	50	75,21	107	111	618	621
ALTA	1	PVC PBA	50	52,07	103	112	625	622
ALTA	1	PVC PBA	50	134,88	111	94	621	623
ALTA	1	PVC PBA	50	75,56	110	113	613	617
ALTA	1	PVC PBA	50	51,26	111	113	621	617
ALTA	1	PVC PBA	50	64,86	113	114	617	620
ALTA	1	PVC PBA	50	69,4	114	95	620	620
ALTA	1	PVC PBA	50	51,7	114	115	620	616
ALTA	1	PVC PBA	50	65,03	115	96	616	617
ALTA	1	PVC PBA	50	52,99	115	116	616	611
ALTA	1	PVC PBA	50	131,77	116	117	611	604
ALTA	1	PVC PBA	50	70,26	116	97	611	614

APÊNDICE VI - DADOS SOBRE AS DEMANDAS DOS NÓS PARA OS DOIS CENÁRIOS

LOCALIZAÇÃO		NÓ		DEMAN.(SINISA) l/s			DEMAN.CAGEPA (l/s)		
MACROZONA	MICROZONA	NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
BAIXA	6	8	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	6	9	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	24	13	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	24	14	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	15	2	0,05	0,03	0,01	0,13	0,07	0,03
BAIXA	2	16	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	5	19	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	5	20	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	5	22	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	5	25	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	28	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	29	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	30	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	31	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	32	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	33	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	34	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	35	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	36	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	38	2	0,05	0,03	0,01	0,13	0,07	0,03
BAIXA	2	39	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	43	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	44	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	45	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	46	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02

APÊNDICE VI - DADOS SOBRE AS DEMANDAS DOS NÓS PARA OS DOIS CENÁRIOS

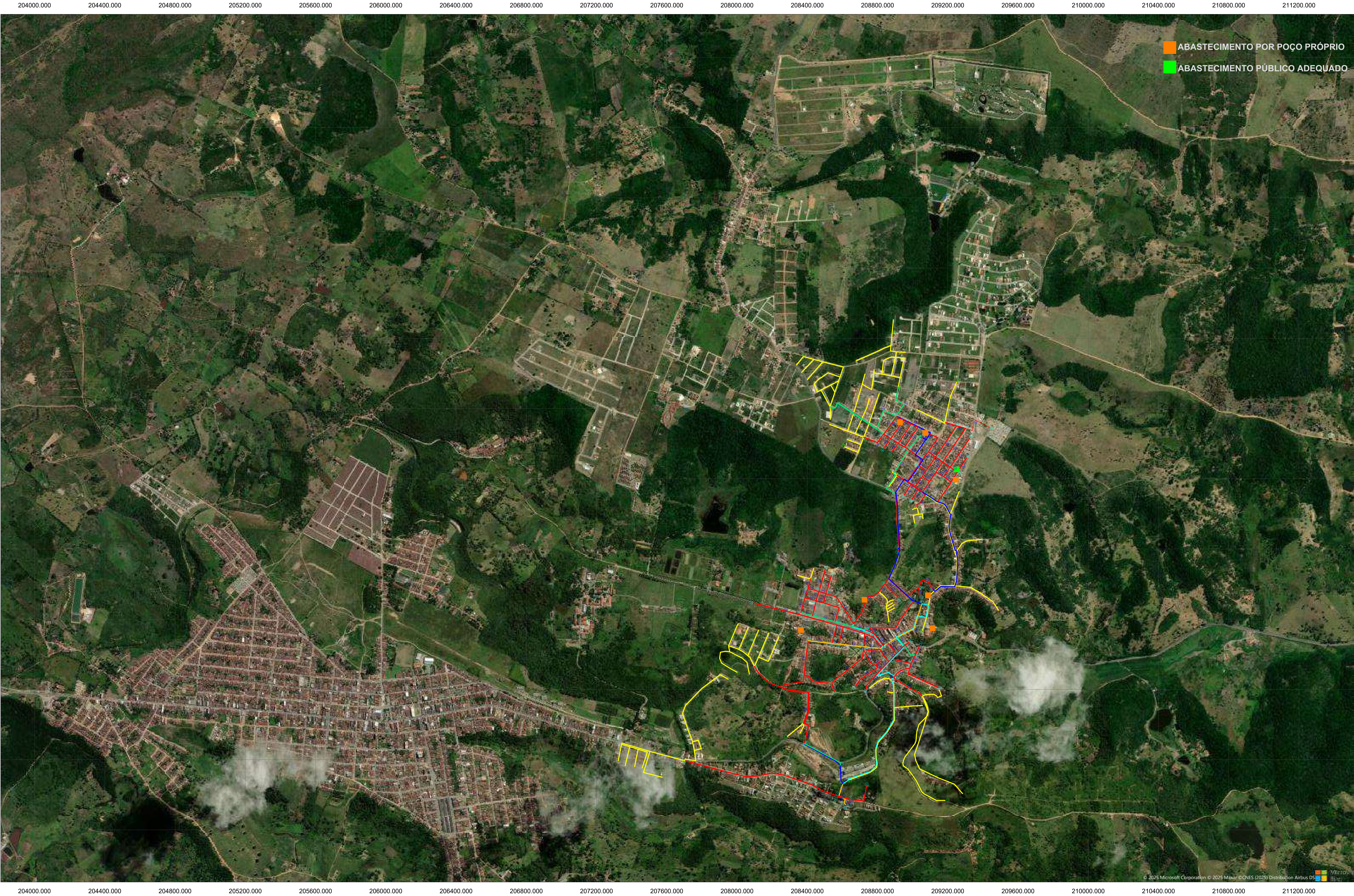
LOCALIZAÇÃO		NÓ		DEMAN.(SINISA) l/s			DEMAN.CAGEPA (l/s)		
MACROZONA	MICROZONA	NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
BAIXA	2	47	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	48	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	49	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	50	4	0,10	0,06	0,03	0,25	0,14	0,07
BAIXA	2	51	4	0,10	0,06	0,03	0,25	0,14	0,07
BAIXA	2	52	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	53	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	54	1	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
BAIXA	2	55	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	56	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	57	2	0,05	0,03	0,01	0,13	0,07	0,03
BAIXA	2	61	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
BAIXA	2	62	2	0,05	0,03	0,01	0,13	0,07	0,03
BAIXA	2	64	3	0,07	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
ALTA	13	65	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	13	66	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	13	67	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	13	68	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	13	69	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	13	70	2	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
ALTA	13	71	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	23	77	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	78	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	79	2	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
ALTA	1	81	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02

APÊNDICE VI - DADOS SOBRE AS DEMANDAS DOS NÓS PARA OS DOIS CENÁRIOS

LOCALIZAÇÃO		NÓ		DEMAN.(SINISA) l/s			DEMAN.CAGEPA (l/s)		
MACROZONA	MICROZONA	NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
ALTA	1	82	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	84	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	85	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	86	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	87	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	88	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	89	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	90	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	91	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	92	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	93	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	94	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	95	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	96	4	0,04	0,02	0,01	0,12	0,07	0,03
ALTA	1	97	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	98	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	99	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	100	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	101	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	102	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	103	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	104	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	105	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	106	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	107	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02

APÊNDICE VI - DADOS SOBRE AS DEMANDAS DOS NÓS PARA OS DOIS CENÁRIOS

LOCALIZAÇÃO		NÓ		DEMAN.(SINISA) l/s			DEMAN.CAGEPA (l/s)		
MACROZONA	MICROZONA	NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
ALTA	1	108	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	109	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	110	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	111	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	112	1	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01
ALTA	1	113	2	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02
ALTA	1	114	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	115	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02
ALTA	1	116	3	0,03	0,02	0,01	0,09	0,05	0,02



SISTEMA DE REFERÊNCIA:
SIRGAS 2000 UTM ZONA 25S
RN- ESTAÇÃO 2461R-508 m

FOLHA Nº:		PROJETO: MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BANANEIRAS	
APENDICE VII		LOCAL: BANANEIRAS - PARAIBA	
DATA:		ESTUDANTE	INFORMAÇÕES TÉCNICAS
ESTUDO:	05/25	DENNER VIANNA	PROJETO ELABORADO PARA COMPLEMENTO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO PERÍODO 2024.2 DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA DO ALUNO DENNER VIANNA SANTOS FERREIRA MAT 20191818225
DESENHO:	05/25	DENNER VIANNA	
CÓPIA:			
TÍTULO: ANEXO VII- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE ENTREVISTAS.			
ESCALA:		Como Indicado	PRANCHETA: DATA: 05/05/2025



APÊNDICE VIII - DEMANDA, CARGA HIDRÁULICA E PRESSÃO PARA OS NÓS DO CENÁRIO SINISA												
NÓS				DEMAN.(l/s)			EPANET (MÁX)		EPANET (MÉD)		EPANET (MÍN)	
MACRO.	MICRO.	NOME DO NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)
BAIXA	6	A	-	1,03	0,57	0,29	643,07	25,07	646,93	28,93	646,93	28,93
BAIXA	24	B	-	0,24	0,13	0,07	523,61	-38,39	523,92	-38,08	523,92	-38,08
BAIXA	2	C	-	0,32	0,18	0,09	520,76	-0,24	522,95	1,95	522,95	1,95
BAIXA	2	D	-	0,56	0,31	0,15	520,83	-1,17	522,97	0,97	522,97	0,97
BAIXA	5	E	-	1,03	0,57	0,29	643,25	108,25	646,35	111,35	646,35	111,35
BAIXA	5	F	-	0,24	0,13	0,07	523,65	18,65	523,96	18,96	523,96	18,96
ALTA	13	G	-	0,38	0,21	0,11	549,84	2,84	551,47	4,47	551,47	4,47
ALTA	1	H	-	0,19	0,11	0,05	629,11	22,11	632,68	25,68	632,68	25,68
ALTA	1	I	-	0,31	0,17	0,09	629,13	18,13	632,69	21,69	632,69	21,69
ALTA	1	J	-	0,11	0,06	0,03	629,19	3,19	632,71	6,71	632,71	6,71
ALTA	1	K	-	0,46	0,26	0,13	628,54	-0,46	632,49	3,49	632,49	3,49
ALTA	16	L	-	0,54	0,30	0,15	634,12	2,12	634,37	2,37	634,37	2,37
ALTA	1	M	-	0,11	0,06	0,03	629,26	8,26	632,73	11,73	632,73	11,73
ALTA	1	N	-	0,65	0,36	0,18	634,19	8,19	634,40	8,40	634,40	8,40
BAIXA	6	8	1	0,03	0,02	0,01	649,14	52,14	649,31	52,31	649,41	52,41
BAIXA	6	13	1	0,03	0,02	0,01	647,60	88,60	647,82	88,82	647,95	88,95
BAIXA	24	14	3	0,10	0,06	0,03	523,82	-12,18	523,98	-12,02	524,08	-11,92
BAIXA	24	15	2	0,07	0,04	0,02	524,00	10,00	524,05	10,05	524,10	10,10
BAIXA	2	16	1	0,03	0,02	0,01	523,81	-0,19	523,98	-0,02	524,08	0,08
BAIXA	2	19	3	0,10	0,06	0,03	524,00	27,00	524,04	27,04	524,10	27,10
BAIXA	5	20	3	0,10	0,06	0,03	524,00	28,00	524,04	28,04	524,10	28,10
BAIXA	5	22	3	0,10	0,06	0,03	524,00	28,00	524,05	28,05	524,10	28,10
BAIXA	5	25	3	0,10	0,06	0,03	524,00	29,00	524,05	29,05	524,10	29,10
BAIXA	5	28	1	0,03	0,02	0,01	524,00	25,00	524,05	25,05	524,10	25,10
BAIXA	2	29	3	0,10	0,06	0,03	523,98	24,98	524,04	25,04	524,09	25,09
BAIXA	2	30	3	0,10	0,06	0,03	523,96	23,96	524,03	24,03	524,09	24,09
BAIXA	2	31	3	0,10	0,06	0,03	523,96	21,96	524,03	22,03	524,09	22,09
BAIXA	2	32	3	0,10	0,06	0,03	523,96	23,96	524,03	24,03	524,09	24,09
BAIXA	2	33	1	0,03	0,02	0,01	523,96	7,96	524,03	8,03	524,09	8,09
BAIXA	2	34	1	0,03	0,02	0,01	523,95	16,95	524,03	17,03	524,09	17,09
BAIXA	2	35	1	0,03	0,02	0,01	523,96	24,96	524,03	25,03	524,09	25,09
BAIXA	2	36	3	0,10	0,06	0,03	523,99	23,99	524,04	24,04	524,09	24,09
BAIXA	2	38	2	0,07	0,04	0,02	523,98	29,98	524,04	30,04	524,09	30,09
BAIXA	2	39	1	0,03	0,02	0,01	523,98	29,98	524,04	30,04	524,09	30,09
BAIXA	2	43	3	0,10	0,06	0,03	522,24	32,24	523,45	33,45	523,92	33,92
BAIXA	2	44	1	0,03	0,02	0,01	522,24	27,24	523,45	28,45	523,92	28,92
BAIXA	2	45	3	0,10	0,06	0,03	521,72	27,72	523,27	29,27	523,87	29,87
BAIXA	2	46	1	0,03	0,02	0,01	521,72	25,72	523,27	27,27	523,87	27,87
BAIXA	2	47	3	0,10	0,06	0,03	521,50	25,50	523,20	27,20	523,85	27,85
BAIXA	2	48	3	0,10	0,06	0,03	520,89	0,89	522,99	2,99	523,79	3,79
BAIXA	2	49	3	0,10	0,06	0,03	524,10	26,10	524,16	26,16	524,22	26,22
BAIXA	2	50	4	0,14	0,08	0,04	523,71	23,71	523,98	23,98	524,10	24,10
BAIXA	2	51	4	0,14	0,08	0,04	523,69	23,69	523,97	23,97	524,09	24,09
BAIXA	2	52	1	0,03	0,02	0,01	523,70	17,70	523,98	17,98	524,10	18,10
BAIXA	2	53	3	0,10	0,06	0,03	523,67	23,67	523,97	23,97	524,09	24,09
BAIXA	2	54	1	0,03	0,02	0,01	523,69	23,69	523,97	23,97	524,09	24,09
BAIXA	2	55	3	0,10	0,06	0,03	523,69	23,69	523,97	23,97	524,09	24,09
BAIXA	2	56	3	0,10	0,06	0,03	523,69	24,69	523,97	24,97	524,09	25,09
BAIXA	2	57	2	0,07	0,04	0,02	523,70	25,70	523,98	25,98	524,09	26,09
BAIXA	2	61	3	0,10	0,06	0,03	521,48	45,48	523,19	47,19	523,85	47,85
BAIXA	2	62	2	0,07	0,04	0,02	523,80	29,80	524,00	30,00	524,09	30,09
BAIXA	2	64	3	0,10	0,06	0,03	523,77	28,77	523,99	28,99	524,09	29,09
ALTA	2	65	1	0,02	0,01	0,00	523,77	19,77	523,99	19,99	524,09	20,09
ALTA	13	66	3	0,05	0,03	0,01	556,38	4,38	557,98	5,98	559,00	7,00
ALTA	13	67	1	0,02	0,01	0,00	556,38	21,38	557,98	22,98	559,00	24,00
ALTA	13	68	3	0,05	0,03	0,01	589,32	73,32	590,43	74,43	591,14	75,14
ALTA	13	69	1	0,02	0,01	0,00	589,32	73,32	590,43	74,43	591,14	75,14
ALTA	13	70	2	0,03	0,02	0,01	605,54	68,54	606,26	69,26	606,72	69,72
ALTA	13	71	4	0,06	0,03	0,02	610,90	-3,10	611,47	-2,53	611,83	-2,17
ALTA	13	77	1	0,02	0,01	0,00	634,50	61,50	634,50	61,50	634,50	61,50
ALTA	23	78	1	0,02	0,01	0,00	634,46	10,46	634,49	10,49	634,50	10,50
ALTA	1	79	2	0,03	0,02	0,01	624,15	0,15	624,23	0,23	624,28	0,28
ALTA	1	81	3	0,05	0,03	0,01	634,35	10,35	634,45	10,45	634,49	10,49

APÊNDICE VIII - DEMANDA, CARGA HIDRÁULICA E PRESSÃO PARA OS NÓS DO CENÁRIO SINISA												
NÓS				DEMAN.(l/s)			EPANET (MÁX)		EPANET (MÉD)		EPANET (MÍN)	
MACRO.	MICRO.	NOME DO NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)
ALTA	1	82	4	0,06	0,03	0,02	634,29	8,29	634,43	8,43	634,48	8,48
ALTA	1	84	3	0,05	0,03	0,01	629,78	5,78	632,91	8,91	634,06	10,06
ALTA	1	85	3	0,05	0,03	0,01	629,33	4,33	632,76	7,76	634,02	9,02
ALTA	1	86	3	0,05	0,03	0,01	628,88	1,88	632,60	5,60	633,97	6,97
ALTA	1	87	4	0,06	0,03	0,02	628,81	1,81	632,58	5,58	633,97	6,97
ALTA	1	88	4	0,06	0,03	0,02	628,77	1,77	632,57	5,57	633,96	6,96
ALTA	1	89	3	0,05	0,03	0,01	628,74	1,74	632,56	5,56	633,96	6,96
ALTA	1	90	1	0,02	0,01	0,00	628,77	-0,23	632,57	3,57	633,96	4,96
ALTA	1	91	1	0,02	0,01	0,00	628,81	0,81	632,58	4,58	633,97	5,97
ALTA	1	92	3	0,05	0,03	0,01	628,77	2,77	632,57	6,57	633,96	7,96
ALTA	1	93	3	0,05	0,03	0,01	628,80	3,80	632,58	7,58	633,97	8,97
ALTA	1	94	4	0,06	0,03	0,02	629,35	6,35	632,77	9,77	634,02	11,02
ALTA	1	95	4	0,06	0,03	0,02	629,26	9,26	632,74	12,74	634,01	14,01
ALTA	1	96	4	0,06	0,03	0,02	629,24	12,24	632,73	15,73	634,01	17,01
ALTA	1	97	3	0,05	0,03	0,01	629,24	15,24	632,73	18,73	634,01	20,01
ALTA	1	98	1	0,02	0,01	0,00	629,24	14,24	632,73	17,73	634,01	19,01
ALTA	1	99	1	0,02	0,01	0,00	629,24	12,24	632,73	15,73	634,01	17,01
ALTA	1	100	3	0,05	0,03	0,01	629,27	11,27	632,74	14,74	634,01	16,01
ALTA	1	101	1	0,02	0,01	0,00	629,27	15,27	632,74	18,74	634,01	20,01
ALTA	1	102	3	0,05	0,03	0,01	629,27	9,27	632,74	12,74	634,01	14,01
ALTA	1	103	3	0,05	0,03	0,01	629,29	4,29	632,74	7,74	634,01	9,01
ALTA	1	104	3	0,05	0,03	0,01	629,20	7,20	632,71	10,71	634,00	12,00
ALTA	1	105	3	0,05	0,03	0,01	629,19	9,19	632,71	12,71	634,00	14,00
ALTA	1	106	1	0,02	0,01	0,00	629,19	11,19	632,71	14,71	634,00	16,00
ALTA	1	107	3	0,05	0,03	0,01	629,19	11,19	632,71	14,71	634,00	16,00
ALTA	1	108	3	0,05	0,03	0,01	629,18	13,18	632,71	16,71	634,00	18,00
ALTA	1	109	1	0,02	0,01	0,00	629,18	16,18	632,71	19,71	634,00	21,00
ALTA	1	110	3	0,05	0,03	0,01	629,17	16,17	632,70	19,70	634,00	21,00
ALTA	1	111	3	0,05	0,03	0,01	629,22	8,22	632,72	11,72	634,01	13,01
ALTA	1	112	1	0,02	0,01	0,00	629,29	7,29	632,74	10,74	634,01	12,01
ALTA	1	113	2	0,03	0,02	0,01	629,21	12,21	632,72	15,72	634,01	17,01
ALTA	1	114	3	0,05	0,03	0,01	629,24	9,24	632,73	12,73	634,01	14,01
ALTA	1	115	3	0,05	0,03	0,01	629,24	13,24	632,73	16,73	634,01	18,01
ALTA	1	116	3	0,05	0,03	0,01	629,24	18,24	632,73	21,73	634,01	23,01

APÊNDICE IX - DEMANDA, CARGA HIDRÁULICA E PRESSÃO PARA OS NÓS DO CENÁRIO CAGEPA

NÓS				DEMAN.(l/s)			EPANET (MÁX)		EPANET (MÉD)		EPANET (MÍN)	
MACRO.	MICRO.	NOME DO NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)
BAIXA	6	A	-	2,60	1,44	0,72	617,42	-0,58	638,16	20,16	645,89	27,89
BAIXA	24	B	-	0,60	0,33	0,17	521,63	-40,37	523,27	-38,73	523,84	-38,16
BAIXA	2	C	-	0,80	0,44	0,22	505,82	-15,18	517,94	-3,06	522,35	1,35
BAIXA	2	D	-	1,40	0,78	0,39	506,23	-15,77	518,08	-3,92	522,39	0,39
BAIXA	5	E	-	2,60	1,44	0,72	622,77	87,77	639,32	104,32	645,51	110,51
BAIXA	5	F	-	0,60	0,33	0,17	521,61	16,61	523,30	18,30	523,88	18,88
ALTA	13	G	-	1,03	0,57	0,29	546,58	-0,42	551,00	4,00	553,80	6,80
ALTA	1	H	-	0,51	0,29	0,14	600,56	-6,44	623,07	16,07	631,33	24,33
ALTA	1	I	-	0,82	0,46	0,23	600,72	-10,28	623,12	12,12	631,35	20,35
ALTA	1	J	-	0,31	0,17	0,09	601,11	-24,89	623,26	-2,74	631,39	5,39
ALTA	1	K	-	1,23	0,69	0,34	597,03	-31,97	621,88	-7,12	631,01	2,01
ALTA	16	L	-	1,44	0,80	0,40	632,11	0,11	633,69	1,69	634,28	2,28
ALTA	1	M	-	0,31	0,17	0,09	601,54	-19,46	623,40	2,40	631,43	10,43
ALTA	1	N	-	1,75	0,97	0,49	632,56	6,56	633,85	7,85	634,32	8,32
BAIXA	6	8,00	1	0,09	0,05	0,02	648,52	51,52	648,98	51,98	649,25	52,25
BAIXA	6	13,00	1	0,09	0,05	0,02	647,94	45,94	648,44	46,44	648,73	46,73
BAIXA	24	14,00	3	0,09	0,05	0,02	646,77	87,77	647,40	88,40	647,75	88,75
BAIXA	24	15,00	2	0,26	0,15	0,07	522,73	-13,27	523,64	-12,36	523,94	-12,06
BAIXA	2	16,00	1	0,18	0,10	0,05	523,76	9,76	523,99	9,99	524,03	10,03
BAIXA	2	19,00	3	0,09	0,05	0,02	522,72	-1,28	523,64	-0,36	523,94	-0,06
BAIXA	5	20,00	3	0,26	0,15	0,07	523,73	26,73	523,98	26,98	524,03	27,03
BAIXA	5	22,00	3	0,26	0,15	0,07	523,73	27,73	523,98	27,98	524,03	28,03
BAIXA	5	25,00	3	0,26	0,15	0,07	523,74	27,74	523,98	27,98	524,03	28,03
BAIXA	5	28,00	1	0,26	0,15	0,07	523,77	28,77	523,99	28,99	524,04	29,04
BAIXA	2	29,00	3	0,09	0,05	0,02	523,76	24,76	523,99	24,99	524,03	25,03
BAIXA	2	30,00	3	0,26	0,15	0,07	523,61	24,61	523,94	24,94	524,02	25,02
BAIXA	2	31,00	3	0,26	0,15	0,07	523,51	23,51	523,90	23,90	524,01	24,01
BAIXA	2	32,00	3	0,26	0,15	0,07	523,50	21,50	523,90	21,90	524,01	22,01
BAIXA	2	33,00	1	0,26	0,15	0,07	523,51	23,51	523,90	23,90	524,01	24,01
BAIXA	2	34,00	1	0,09	0,05	0,02	523,50	7,50	523,90	7,90	524,01	8,01
BAIXA	2	35,00	1	0,09	0,05	0,02	523,49	16,49	523,90	16,90	524,01	17,01
BAIXA	2	36,00	3	0,09	0,05	0,02	523,50	24,50	523,90	24,90	524,01	25,01
BAIXA	2	38,00	2	0,26	0,15	0,07	523,70	23,70	523,97	23,97	524,03	24,03
BAIXA	2	39,00	1	0,18	0,10	0,05	523,64	29,64	523,95	29,95	524,02	30,02
BAIXA	2	43,00	3	0,09	0,05	0,02	523,64	29,64	523,95	29,95	524,02	30,02
BAIXA	2	44,00	1	0,26	0,15	0,07	514,02	24,02	520,71	30,71	523,12	33,12
BAIXA	2	45,00	3	0,09	0,05	0,02	514,02	19,02	520,71	25,71	523,12	28,12
BAIXA	2	46,00	1	0,26	0,15	0,07	511,13	17,13	519,73	25,73	522,85	28,85
BAIXA	2	47,00	3	0,09	0,05	0,02	511,12	15,12	519,73	23,73	522,85	26,85
BAIXA	2	48,00	3	0,26	0,15	0,07	509,92	13,92	519,32	23,32	522,74	26,74
BAIXA	2	49,00	3	0,26	0,15	0,07	506,53	-13,47	518,18	-1,82	522,42	2,42
BAIXA	2	50,00	4	0,26	0,15	0,07	523,82	25,82	524,09	26,09	524,16	26,16
BAIXA	2	51,00	4	0,35	0,19	0,10	521,89	21,89	523,39	23,39	523,91	23,91
BAIXA	2	52,00	1	0,35	0,19	0,10	521,81	21,81	523,36	23,36	523,90	23,90
BAIXA	2	53,00	3	0,09	0,05	0,02	521,88	15,88	523,39	17,39	523,91	17,91
BAIXA	2	54,00	1	0,26	0,15	0,07	521,73	21,73	523,34	23,34	523,89	23,89
BAIXA	2	55,00	3	0,09	0,05	0,02	521,80	21,80	523,36	23,36	523,90	23,90
BAIXA	2	56,00	3	0,26	0,15	0,07	521,80	21,80	523,36	23,36	523,90	23,90
BAIXA	2	57,00	2	0,26	0,15	0,07	521,83	22,83	523,37	24,37	523,90	24,90
BAIXA	2	61,00	3	0,18	0,10	0,05	521,88	23,88	523,39	25,39	523,91	25,91
BAIXA	2	62,00	2	0,26	0,15	0,07	509,81	33,81	519,29	43,29	522,73	46,73
BAIXA	2	64,00	3	0,18	0,10	0,05	522,51	28,51	523,59	29,59	523,95	29,95
ALTA	2	65,00	1	0,26	0,15	0,07	522,32	27,32	523,53	28,53	523,93	28,93
ALTA	13	66,00	3	0,04	0,02	0,01	522,31	18,31	523,52	19,52	523,93	19,93
ALTA	13	67,00	1	0,12	0,07	0,03	553,94	1,94	558,28	6,28	561,02	9,02
ALTA	13	68,00	3	0,04	0,02	0,01	553,94	18,94	558,28	23,28	561,02	26,02
ALTA	13	69,00	1	0,12	0,07	0,03	592,22	76,22	595,25	79,25	597,13	81,13
ALTA	13	70,00	2	0,04	0,02	0,01	592,22	76,22	595,25	79,25	597,13	81,13
ALTA	13	71,00	4	0,08	0,05	0,02	611,68	74,68	613,61	76,61	614,81	77,81
ALTA	13	77,00	1	0,16	0,09	0,05	618,20	4,20	619,70	5,70	620,63	6,63
ALTA	23	78,00	1	0,04	0,02	0,01	634,49	61,49	634,50	61,50	634,50	61,50
ALTA	1	79,00	2	0,04	0,02	0,01	634,25	10,25	634,41	10,42	634,48	10,48
ALTA	1	81,00	3	0,08	0,05	0,02	634,52	10,52	634,53	10,53	634,53	10,53

APÊNDICE IX - DEMANDA, CARGA HIDRÁULICA E PRESSÃO PARA OS NÓS DO CENÁRIO CAGEPA

NÓS				DEMAN.(l/s)			EPANET (MÁX)		EPANET (MÉD)		EPANET (MÍN)	
MACRO.	MICRO.	NOME DO NÓ	ÁREAS DE CONSUMO	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)	PRESSÃO (m)
ALTA	1	82,00	4	0,12	0,07	0,03	633,57	9,57	634,19	10,19	634,41	10,41
ALTA	1	84,00	3	0,16	0,09	0,05	633,18	7,18	634,06	8,06	634,38	8,38
ALTA	1	85,00	3	0,12	0,07	0,03	604,78	-19,22	624,49	0,49	631,73	7,73
ALTA	1	86,00	3	0,12	0,07	0,03	601,96	-23,04	623,54	-1,46	631,47	6,47
ALTA	1	87,00	4	0,12	0,07	0,03	599,11	-27,89	622,58	-4,42	631,20	4,20
ALTA	1	88,00	4	0,16	0,09	0,05	598,69	-28,31	622,44	-4,56	631,16	4,16
ALTA	1	89,00	3	0,16	0,09	0,05	598,45	-28,55	622,36	-4,64	631,14	4,14
ALTA	1	90,00	1	0,12	0,07	0,03	598,23	-28,77	622,29	-4,71	631,12	4,12
ALTA	1	91,00	1	0,04	0,02	0,01	598,45	-30,55	622,36	-6,64	631,14	2,14
ALTA	1	92,00	3	0,04	0,02	0,01	598,69	-29,31	622,44	-5,56	631,16	3,16
ALTA	1	93,00	3	0,12	0,07	0,03	598,47	-27,53	622,37	-3,63	631,14	5,14
ALTA	1	94,00	4	0,12	0,07	0,03	598,64	-26,36	622,43	-2,57	631,16	6,16
ALTA	1	95,00	4	0,16	0,09	0,05	602,12	-20,88	623,60	0,60	631,48	8,48
ALTA	1	96,00	4	0,16	0,09	0,05	601,56	-18,44	623,41	3,41	631,43	11,43
ALTA	1	97,00	3	0,16	0,09	0,05	601,41	-15,59	623,36	6,36	631,41	14,41
ALTA	1	98,00	1	0,12	0,07	0,03	601,39	-12,61	623,35	9,35	631,41	17,41
ALTA	1	99,00	1	0,04	0,02	0,01	601,39	-13,61	623,35	8,35	631,41	16,41
ALTA	1	100,00	3	0,04	0,02	0,01	601,41	-15,59	623,36	6,36	631,41	14,41
ALTA	1	101,00	1	0,12	0,07	0,03	601,56	-16,44	623,41	5,41	631,43	13,43
ALTA	1	102,00	3	0,04	0,02	0,01	601,56	-12,44	623,41	9,41	631,43	17,43
ALTA	1	103,00	3	0,12	0,07	0,03	601,58	-18,42	623,42	3,42	631,43	11,43
ALTA	1	104,00	3	0,12	0,07	0,03	601,70	-23,30	623,45	-1,55	631,44	6,44
ALTA	1	105,00	3	0,12	0,07	0,03	601,16	-20,84	623,27	1,27	631,39	9,39
ALTA	1	106,00	1	0,12	0,07	0,03	601,12	-18,88	623,26	3,26	631,39	11,39
ALTA	1	107,00	3	0,04	0,02	0,01	601,12	-16,88	623,26	5,26	631,39	13,39
ALTA	1	108,00	3	0,12	0,07	0,03	601,10	-16,90	623,25	5,25	631,39	13,39
ALTA	1	109,00	1	0,12	0,07	0,03	601,01	-14,99	623,22	7,22	631,38	15,38
ALTA	1	110,00	3	0,04	0,02	0,01	601,01	-11,99	623,22	10,22	631,38	18,38
ALTA	1	111,00	3	0,12	0,07	0,03	600,94	-12,06	623,20	10,20	631,37	18,37
ALTA	1	112,00	1	0,12	0,07	0,03	601,28	-19,72	623,31	2,31	631,40	10,40
ALTA	1	113,00	2	0,04	0,02	0,01	601,69	-20,31	623,45	1,45	631,44	9,44
ALTA	1	114,00	3	0,08	0,05	0,02	601,24	-15,76	623,30	6,30	631,40	14,40
ALTA	1	115,00	3	0,12	0,07	0,03	601,38	-18,62	623,35	3,35	631,41	11,41
ALTA	1	116,00	3	0,12	0,07	0,03	601,39	-14,61	623,35	7,35	631,41	15,41

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO SINISA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	6	A	PVC PBA	50	2008,65	A	A1	618	583	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	24	B	PVC PBA	50	180,46	B	B1	562	574	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	2	C	PVC PBA	50	1655,28	C	C1	521	552	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	2	D	PVC PBA	50	1053,92	D	D1	522	587	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	E	PVC PBA	50	1482,8	E	E1	535	574	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	F	PVC PBA	50	138,6	F	F1	505	514	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	13	G	PVC PBA	50	371,03	G	G5	547	509	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	H	PVC PBA	50	194,69	H	H2	607	597	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	I	PVC PBA	50	1591,09	I	I4	611	515	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	J	PVC PBA	50	112,78	J	J1	626	627	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	K	PVC PBA	50	950,75	K	K3	629	631	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	16	L	PVC PBA	50	1336,84	L	L4	632	624	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	M	PVC PBA	50	417,92	M	M1	621	614	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	N	PVC PBA	50	1536,39	N	N6	626	616	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	6	TB1	FF	200	63,46	BA1	2	603	602	54,51	1,66	13,60	53,65	1,64	13,20	53,08	1,62	12,95
BAIXA	6	2	PVC PBA	200	74,67	2	3	602	588	53,44	1,63	13,11	53,04	1,62	12,93	52,78	1,61	12,82
BAIXA	6	3	PVC PBA	150	1545,74	3	4	588	522	52,37	2,73	46,31	52,44	2,73	46,43	52,49	2,73	46,50
BAIXA	6	5	PVC PBA	150	12,67	4	RE2	522	521	52,37	2,73	46,31	52,44	2,73	46,43	52,49	2,73	46,50
BAIXA	6	6	PVC PBA	50	19,35	6	7	603	603	52,37	2,73	46,31	52,44	2,73	46,43	52,49	2,73	46,50
BAIXA	6	7	PVC PBA	50	162,52	7	8	603	597	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	6	8	PVC PBA	50	65,97	7	9	603	602	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
BAIXA	6	9	PVC PBA	50	915,95	2	A	602	617	1,03	0,46	6,05	0,57	0,26	2,04	0,29	0,13	0,56
BAIXA	6	10	PVC PBA	100	109,54	3	10	588	556	1,07	0,12	0,20	0,59	0,06	0,07	0,30	0,03	0,02
BAIXA	6	11	PVC PBA	100	236,02	10	11	556	570	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	6	12	PVC PBA	75	243,69	10	12	556	570	1,03	0,23	1,11	0,57	0,13	0,37	0,29	0,06	0,10
BAIXA	24	13	PVC PBA	50	323,53	11	13	570	559	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	24	14	PVC PBA	50	676,15	12	E	570	535	1,03	0,46	6,05	0,57	0,26	2,04	0,29	0,13	0,56
BAIXA	24	15	PVC PBA	50	502,91	B	14	562	536	0,24	0,11	0,40	0,13	0,06	0,14	0,07	0,03	0,04
BAIXA	2	16	PVC PBA	50	198,11	14	15	536	514	0,38	0,17	0,94	0,21	0,09	0,32	0,11	0,05	0,09
BAIXA	2	17	PVC PBA	50	168,51	14	16	536	524	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	5	18	PVC PBA	200	135,11	15	17	514	502	0,45	0,01	0,00	0,25	0,01	0,00	0,12	0,00	0,00
BAIXA	5	19	PVC PBA	200	39,04	17	18	502	501	0,53	0,02	0,00	0,29	0,01	0,00	0,15	0,00	0,00
BAIXA	5	20	PVC PBA	50	108,62	17	19	502	497	0,08	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	5	21	PVC PBA	50	101,09	18	20	501	496	0,08	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	5	22	PVC PBA	50	37,97	20	19	496	497	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	5	23	PVC PBA	50	493,22	19	21	497	502	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	24	PVC PBA	50	126,79	20	22	496	496	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
BAIXA	5	25	PVC PBA	200	142,96	18	23	501	499	0,61	0,02	0,00	0,34	0,01	0,00	0,17	0,01	0,00
BAIXA	5	26	PVC PBA	50	75,15	23	22	499	496	0,08	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
BAIXA	5	27	PVC PBA	200	95,21	23	24	499	496	1,00	0,03	0,01	0,56	0,02	0,00	0,29	0,01	0,00

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO SINISA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	5	28	PVC PBA	50	130,03	22	25	496	494	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00
BAIXA	2	29	PVC PBA	200	9,08	24	25	496	494	1,25	0,04	0,01	0,71	0,02	0,00	0,39	0,01	0,00
BAIXA	2	30	PVC PBA	200	9,86	25	26	494	494	1,42	0,04	0,02	0,80	0,02	0,00	0,44	0,01	0,00
BAIXA	2	31	PVC PBA	50	5,1	24	27	496	496	0,25	0,01	0,00	0,15	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
BAIXA	2	32	PVC PBA	50	76,78	27	28	496	499	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	33	PVC PBA	50	85,72	27	29	496	499	0,21	0,10	0,33	0,13	0,06	0,12	0,08	0,04	0,06
BAIXA	2	34	PVC PBA	50	61,69	29	30	499	500	0,21	0,09	0,31	0,11	0,05	0,10	0,05	0,02	0,02
BAIXA	2	35	PVC PBA	50	21,11	30	31	500	502	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	36	PVC PBA	50	20,48	31	32	502	500	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
BAIXA	2	37	PVC PBA	50	145,87	30	33	500	516	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	38	PVC PBA	50	170,99	31	34	502	507	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	39	PVC PBA	50	45,84	32	35	500	499	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	40	PVC PBA	50	116,27	32	36	500	500	0,21	0,09	0,31	0,12	0,05	0,11	0,07	0,03	0,04
BAIXA	5	41	PVC PBA	50	328,71	36	37	500	525	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	42	PVC PBA	50	15,86	23	36	499	500	0,31	0,14	0,66	0,18	0,08	0,23	0,10	0,04	0,08
BAIXA	2	43	PVC PBA	50	61,51	29	38	499	494	0,10	0,04	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	44	PVC PBA	50	133,14	38	39	494	494	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	45	PVC PBA	50	75,9	38	40	494	495	0,20	0,09	0,29	0,10	0,05	0,08	0,02	0,01	0,00
BAIXA	2	46	PVC PBA	200	4	26	41	494	494	3,03	0,09	0,07	4,02	0,12	0,10	4,57	0,14	0,14
BAIXA	2	47	PVC PBA	200	30,43	41	40	494	494	2,39	0,07	0,04	3,72	0,11	0,10	4,53	0,14	0,14
BAIXA	2	48	PVC PBA	200	62	40	42	494	494	2,19	0,07	0,03	3,62	0,11	0,09	4,51	0,14	0,13
BAIXA	2	49	PVC PBA	200	256,3	RE2	42	521	494	0,72	0,04	0,02	2,81	0,15	0,21	4,10	0,21	0,41
BAIXA	2	50	PVC PBA	75	152,98	42	43	494	490	1,46	0,65	11,50	0,81	0,36	3,87	0,41	0,18	1,09
BAIXA	2	51	PVC PBA	50	54,86	43	44	490	495	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	52	PVC PBA	50	54,71	43	45	490	494	1,32	0,59	9,56	0,74	0,33	3,22	0,37	0,17	0,90
BAIXA	2	53	PVC PBA	50	113,26	45	46	494	496	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	54	PVC PBA	50	28,14	45	47	494	496	1,18	0,53	7,79	0,66	0,29	2,62	0,33	0,15	0,73
BAIXA	2	55	PVC PBA	50	112,31	47	48	496	520	0,98	0,44	5,46	0,54	0,24	1,84	0,27	0,12	0,51
BAIXA	2	56	PVC PBA	50	28,34	48	D	520	522	0,56	0,25	1,93	0,31	0,14	0,65	0,15	0,07	0,18
BAIXA	2	57	PVC PBA	50	189,9	48	C	520	521	0,32	0,14	0,68	0,18	0,08	0,23	0,09	0,04	0,06
BAIXA	2	58	PVC PBA	150	235,51	26	49	494	498	4,45	0,23	0,48	4,82	0,25	0,56	5,01	0,26	0,60
BAIXA	2	59	PVC PBA	50	241,34	49	50	498	500	0,52	0,23	1,69	0,35	0,16	0,81	0,29	0,13	0,57
BAIXA	2	60	PVC PBA	50	41,51	50	51	500	500	0,24	0,11	0,42	0,16	0,07	0,19	0,13	0,06	0,14
BAIXA	2	61	PVC PBA	50	107,77	50	52	500	506	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	62	PVC PBA	50	64,94	51	53	500	500	0,17	0,08	0,21	0,10	0,05	0,08	0,06	0,03	0,03
BAIXA	2	63	PVC PBA	50	130,81	51	54	500	514	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	64	PVC PBA	50	57,28	53	F	500	505	0,24	0,11	0,40	0,13	0,06	0,14	0,07	0,03	0,04
BAIXA	2	65	PVC PBA	50	55,57	53	55	500	500	0,17	0,08	0,22	0,09	0,04	0,06	0,04	0,02	0,01
BAIXA	2	66	PVC PBA	50	65,95	55	56	500	499	0,11	0,05	0,09	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO SINISA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	2	67	PVC PBA	50	55,79	51	56	500	499	0,10	0,04	0,08	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
BAIXA	2	68	PVC PBA	50	44,33	57	56	498	499	0,16	0,07	0,19	0,10	0,04	0,08	0,06	0,03	0,03
BAIXA	2	69	PVC PBA	50	54,2	50	57	500	498	0,10	0,04	0,08	0,09	0,04	0,07	0,11	0,05	0,09
BAIXA	2	70	PVC PBA	50	176	58	57	497	498	0,13	0,06	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
BAIXA	2	71	PVC PBA	75	133,68	58	59	497	498	0,32	0,07	0,13	0,14	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	72	PVC PBA	75	69,14	59	60	498	498	0,17	0,04	0,04	0,08	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00
BAIXA	2	73	PVC PBA	50	86,62	59	56	498	499	0,15	0,07	0,17	0,06	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00
BAIXA	2	74	PVC PBA	50	86,78	60	55	498	500	0,17	0,08	0,21	0,08	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01
BAIXA	2	75	PVC PBA	50	222,64	47	61	496	476	0,10	0,05	0,09	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
BAIXA	2	76	PVC PBA	50	81,36	41	62	494	494	0,64	0,28	2,47	0,29	0,13	0,59	0,04	0,02	0,01
BAIXA	2	77	PVC PBA	50	63,53	62	63	494	495	0,27	0,12	0,50	0,12	0,05	0,11	0,01	0,00	0,00
BAIXA	2	78	PVC PBA	50	50,38	62	64	494	496	0,30	0,13	0,61	0,13	0,06	0,14	0,01	0,00	0,00
ALTA	13	79	PVC PBA	75	29,48	64	63	496	495	0,18	0,04	0,04	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00
BAIXA	5	80	PVC PBA	75	176,06	63	58	495	497	0,45	0,10	0,24	0,19	0,04	0,05	0,02	0,00	0,00
ALTA	13	81	PVC PBA	50	320,82	64	65	495	504	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	13	82	PVC PBA	50	249,42	49	G	498	547	5,07	2,26	115,12	5,23	2,33	121,67	5,32	2,38	125,85
ALTA	13	83	PVC PBA	50	54,98	G	66	547	552	5,46	2,44	131,74	5,44	2,43	131,01	5,43	2,42	130,56
ALTA	13	84	PVC PBA	50	108,97	66	67	552	535	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	13	85	PVC PBA	50	270,85	66	68	552	516	5,52	2,46	134,46	5,47	2,44	132,51	5,45	2,43	131,31
ALTA	13	86	PVC PBA	50	53,02	68	69	516	516	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	13	87	PVC PBA	50	129,15	68	70	516	537	5,58	2,49	137,20	5,51	2,46	134,02	5,46	2,44	132,06
ALTA	13	88	PVC PBA	100	763,36	70	71	537	614	5,61	0,61	4,40	5,52	0,60	4,28	5,47	0,59	4,21
ALTA	1	89	PVC PBA	50	103,4	71	72	614	622	5,67	2,53	141,36	5,56	2,48	136,30	5,49	2,45	133,19
BAIXA	2	90	PVC PBA	100	428,04	RE2	BA2	521	576	3,09	0,16	0,25	3,15	0,16	0,26	3,19	0,17	0,26
ALTA	23	TB2	FF	100	446,26	BA2	72	576	622	8,60	0,93	9,72	8,59	0,93	9,71	8,80	0,95	10,15
ALTA	1	91	PVC PBA	100	306,55	72	73	622	624	2,93	0,32	1,33	3,04	0,33	1,42	3,31	0,36	1,66
ALTA	1	92	PVC PBA	100	10,25	73	74	624	624	3,80	0,41	2,14	2,11	0,23	0,72	1,05	0,11	0,20
ALTA	1	93	PVC PBA	100	18,62	74	RE3	624	633	3,81	0,41	2,15	2,12	0,23	0,72	1,06	0,11	0,20
ALTA	1	94	PVC PBA	75	441,99	RE3	76	633	622	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	23	95	PVC PBA	50	329,76	76	77	622	573	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	96	PVC PBA	50	42,81	74	78	624	624	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	98	PVC PBA	50	21,63	79	80	624	625	2,90	0,31	1,30	3,02	0,33	1,40	3,30	0,36	1,65
ALTA	1	99	PVC PBA	100	42,48	79	81	624	624	3,80	0,41	2,14	2,11	0,23	0,72	1,05	0,11	0,20
ALTA	1	100	PVC PBA	100	226,18	81	82	624	626	1,25	0,14	0,27	0,69	0,08	0,09	0,35	0,04	0,03
ALTA	1	101	PVC PBA	75	523,77	82	L	626	632	0,54	0,12	0,33	0,30	0,07	0,11	0,15	0,03	0,03
ALTA	1	102	PVC PBA	75	435,65	82	83	626	628	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	103	PVC PBA	75	210,28	82	N	626	626	0,65	0,14	0,47	0,36	0,08	0,16	0,18	0,04	0,04
ALTA	1	104	PVC PBA	50	147,04	81	84	624	624	2,50	1,12	31,11	1,39	0,62	10,49	0,70	0,31	2,91
ALTA	1	105	PVC PBA	50	53,55	84	85	624	625	1,23	0,55	8,37	0,68	0,31	2,82	0,34	0,15	0,78

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO SINISA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
ALTA	1	106	PVC PBA	50	122,75	85	86	625	627	0,79	0,35	3,69	0,44	0,20	1,24	0,22	0,10	0,34
ALTA	1	107	PVC PBA	50	41,92	86	87	627	627	0,50	0,22	1,59	0,28	0,12	0,54	0,14	0,06	0,15
ALTA	1	108	PVC PBA	50	50,8	87	88	627	627	0,34	0,15	0,77	0,19	0,08	0,26	0,09	0,04	0,07
ALTA	1	109	PVC PBA	50	47,21	88	89	627	627	0,33	0,15	0,72	0,18	0,08	0,24	0,09	0,04	0,07
ALTA	1	110	PVC PBA	50	142,66	89	K	627	629	0,46	0,20	1,34	0,25	0,11	0,45	0,13	0,06	0,13
ALTA	1	111	PVC PBA	50	68,97	88	90	627	629	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	112	PVC PBA	50	61,84	87	91	627	628	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	113	PVC PBA	50	168,29	88	92	627	626	0,18	0,08	0,23	0,10	0,04	0,08	0,05	0,02	0,02
ALTA	1	114	PVC PBA	50	127,41	88	92	627	626	0,06	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00
ALTA	1	115	PVC PBA	50	48,06	92	93	626	625	0,28	0,13	0,56	0,16	0,07	0,19	0,08	0,04	0,05
ALTA	1	116	PVC PBA	50	132,35	87	93	627	625	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
ALTA	1	117	PVC PBA	50	180,13	86	93	627	625	0,24	0,11	0,42	0,14	0,06	0,14	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	118	PVC PBA	50	50,97	84	94	624	623	1,23	0,55	8,30	0,68	0,30	2,80	0,34	0,15	0,78
ALTA	1	119	PVC PBA	50	49,98	94	95	623	620	0,54	0,24	1,79	0,30	0,13	0,60	0,15	0,07	0,17
ALTA	1	120	PVC PBA	50	51,61	95	96	620	617	0,25	0,11	0,45	0,14	0,06	0,15	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	121	PVC PBA	50	49,66	96	97	617	614	0,09	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
ALTA	1	122	PVC PBA	50	97,39	97	98	614	615	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	123	PVC PBA	50	198,48	96	99	617	617	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	124	PVC PBA	50	231,32	95	100	620	618	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	125	PVC PBA	50	207,31	100	101	618	614	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	126	PVC PBA	50	53,06	100	102	618	620	0,08	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
ALTA	1	127	PVC PBA	50	70,28	102	M	620	621	0,12	0,05	0,10	0,06	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01
ALTA	1	128	PVC PBA	50	213,86	94	102	623	621	0,24	0,11	0,40	0,13	0,06	0,14	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	129	PVC PBA	50	41,88	85	103	625	625	0,39	0,18	1,02	0,22	0,10	0,34	0,11	0,05	0,10
ALTA	1	130	PVC PBA	50	114,86	103	104	625	622	0,33	0,15	0,75	0,19	0,08	0,25	0,09	0,04	0,07
ALTA	1	131	PVC PBA	50	68,39	104	J	622	626	0,12	0,05	0,11	0,06	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01
ALTA	1	132	PVC PBA	50	26,91	104	105	622	620	0,17	0,08	0,22	0,10	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02
ALTA	1	133	PVC PBA	50	68,88	105	106	620	618	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	134	PVC PBA	50	26,35	105	107	620	618	0,11	0,05	0,10	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
ALTA	1	135	PVC PBA	50	24,3	107	108	618	616	0,30	0,13	0,60	0,16	0,07	0,20	0,08	0,04	0,06
ALTA	1	136	PVC PBA	50	63,65	108	109	616	613	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	137	PVC PBA	50	27,68	108	110	616	613	0,24	0,11	0,39	0,13	0,06	0,13	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	138	PVC PBA	50	22,99	110	I	613	611	0,50	0,22	1,56	0,28	0,12	0,52	0,14	0,06	0,15
ALTA	1	139	PVC PBA	50	92,72	I	H	611	607	0,19	0,09	0,27	0,11	0,05	0,09	0,05	0,02	0,02
ALTA	1	140	PVC PBA	50	75,21	107	111	618	621	0,23	0,10	0,37	0,13	0,06	0,12	0,06	0,03	0,03
ALTA	1	141	PVC PBA	50	52,07	103	112	625	622	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	142	PVC PBA	50	134,88	111	94	621	623	0,39	0,17	1,00	0,22	0,10	0,34	0,11	0,05	0,09
ALTA	1	143	PVC PBA	50	75,56	110	113	613	617	0,31	0,14	0,63	0,17	0,08	0,21	0,09	0,04	0,06
ALTA	1	144	PVC PBA	50	51,26	111	113	621	617	0,12	0,05	0,10	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO SINISA																		
LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
ALTA	1	145	PVC PBA	50	64,86	113	114	617	620	0,22	0,10	0,35	0,12	0,05	0,12	0,06	0,03	0,03
ALTA	1	146	PVC PBA	50	69,4	114	95	620	620	0,24	0,11	0,40	0,13	0,06	0,13	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	147	PVC PBA	50	51,7	114	115	620	616	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
ALTA	1	148	PVC PBA	50	65,03	115	96	616	617	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
ALTA	1	149	PVC PBA	50	52,99	115	116	616	611	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	150	PVC PBA	50	131,77	116	117	611	604	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	151	PVC PBA	50	70,26	116	97	611	614	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO CAGEPA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	6	A	PVC PBA	50	2008,65	A	A1	618	583	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	24	B	PVC PBA	50	180,46	B	B1	562	574	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	2	C	PVC PBA	50	1655,28	C	C1	521	552	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	2	D	PVC PBA	50	1053,92	D	D1	522	587	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	E	PVC PBA	50	1482,8	E	E1	535	574	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	F	PVC PBA	50	138,6	F	F1	505	514	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	13	G	PVC PBA	50	371,03	G	G5	547	509	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	H	PVC PBA	50	194,69	H	H2	607	597	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	I	PVC PBA	50	1591,09	I	I4	611	515	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	J	PVC PBA	50	112,78	J	J1	626	627	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	K	PVC PBA	50	950,75	K	K3	629	631	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	16	L	PVC PBA	50	1336,84	L	L4	632	624	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	M	PVC PBA	50	417,92	M	M1	621	614	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	N	PVC PBA	50	1536,39	N	N6	626	616	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	6	TB1	FF	200	63,46	BA1	2	603	602	57,49	1,76	15,01	55,29	1,69	13,97	53,91	1,65	13,33
BAIXA	6	2	PVC PBA	200	74,67	2	3	602	588	54,81	1,67	13,74	53,80	1,64	13,28	53,17	1,62	12,99
BAIXA	6	3	PVC PBA	150	1545,74	3	4	588	522	52,12	2,71	45,90	52,31	2,72	46,21	52,42	2,73	46,39
BAIXA	6	5	PVC PBA	150	12,67	4	RE2	522	521	52,12	2,71	45,90	52,31	2,72	46,21	52,42	2,73	46,39
BAIXA	6	6	PVC PBA	50	19,35	6	7	603	603	52,12	2,71	45,90	52,31	2,72	46,21	52,42	2,73	46,39
BAIXA	6	7	PVC PBA	50	162,52	7	8	603	597	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	6	8	PVC PBA	50	65,97	7	9	603	602	0,09	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	6	9	PVC PBA	50	915,95	2	A	602	617	2,60	1,16	33,32	1,44	0,64	11,22	0,72	0,32	3,11
BAIXA	6	10	PVC PBA	100	109,54	3	10	588	556	2,68	0,29	1,13	1,49	0,16	0,38	0,75	0,08	0,11
BAIXA	6	11	PVC PBA	100	236,02	10	11	556	570	0,09	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
BAIXA	6	12	PVC PBA	75	243,69	10	12	556	570	2,60	0,58	6,13	1,44	0,32	2,06	0,72	0,16	0,57
BAIXA	24	13	PVC PBA	50	323,53	11	13	570	559	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	24	14	PVC PBA	50	676,15	12	E	570	535	2,60	1,16	33,32	1,44	0,64	11,22	0,72	0,32	3,11
BAIXA	24	15	PVC PBA	50	502,91	B	14	562	536	0,60	0,27	2,20	0,33	0,15	0,74	0,17	0,07	0,21
BAIXA	2	16	PVC PBA	50	198,11	14	15	536	514	0,95	0,42	5,17	0,53	0,24	1,74	0,26	0,12	0,48
BAIXA	2	17	PVC PBA	50	168,51	14	16	536	524	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	5	18	PVC PBA	200	135,11	15	17	514	502	1,12	0,03	0,01	0,62	0,02	0,00	0,31	0,01	0,00
BAIXA	5	19	PVC PBA	200	39,04	17	18	502	501	1,33	0,04	0,01	0,74	0,02	0,00	0,37	0,01	0,00
BAIXA	5	20	PVC PBA	50	108,62	17	19	502	497	0,20	0,09	0,30	0,11	0,05	0,10	0,06	0,03	0,03
BAIXA	5	21	PVC PBA	50	101,09	18	20	501	496	0,21	0,09	0,32	0,12	0,05	0,11	0,06	0,03	0,03
BAIXA	5	22	PVC PBA	50	37,97	20	19	496	497	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
BAIXA	5	23	PVC PBA	50	493,22	19	21	497	502	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	24	PVC PBA	50	126,79	20	22	496	496	0,11	0,05	0,10	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
BAIXA	5	25	PVC PBA	200	142,96	18	23	501	499	1,54	0,05	0,02	0,86	0,03	0,01	0,43	0,01	0,00
BAIXA	5	26	PVC PBA	50	75,15	23	22	499	496	0,20	0,09	0,30	0,11	0,05	0,10	0,06	0,03	0,03
BAIXA	5	27	PVC PBA	200	95,21	23	24	499	496	2,53	0,08	0,05	1,41	0,04	0,02	0,70	0,02	0,00

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO CAGEPA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	5	28	PVC PBA	50	130,03	22	25	496	494	0,17	0,08	0,21	0,09	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02
BAIXA	2	29	PVC PBA	200	9,08	24	25	496	494	3,15	0,10	0,07	1,75	0,05	0,02	0,88	0,03	0,00
BAIXA	2	30	PVC PBA	200	9,86	25	26	494	494	3,58	0,11	0,09	1,99	0,06	0,03	1,00	0,03	0,01
BAIXA	2	31	PVC PBA	50	5,1	24	27	496	496	0,62	0,02	0,01	0,35	0,01	0,00	0,18	0,01	0,01
BAIXA	2	32	PVC PBA	50	76,78	27	28	496	499	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	33	PVC PBA	50	85,72	27	29	496	499	0,53	0,24	1,79	0,30	0,13	0,60	0,15	0,07	0,18
BAIXA	2	34	PVC PBA	50	61,69	29	30	499	500	0,53	0,24	1,74	0,29	0,13	0,59	0,14	0,06	0,16
BAIXA	2	35	PVC PBA	50	21,11	30	31	500	502	0,18	0,08	0,23	0,10	0,04	0,08	0,05	0,02	0,02
BAIXA	2	36	PVC PBA	50	20,48	31	32	502	500	0,17	0,08	0,22	0,10	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02
BAIXA	2	37	PVC PBA	50	145,87	30	33	500	516	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	38	PVC PBA	50	170,99	31	34	502	507	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	39	PVC PBA	50	45,84	32	35	500	499	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	40	PVC PBA	50	116,27	32	36	500	500	0,52	0,23	1,71	0,29	0,13	0,58	0,15	0,07	0,16
BAIXA	5	41	PVC PBA	50	328,71	36	37	500	525	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAIXA	5	42	PVC PBA	50	15,86	23	36	499	500	0,79	0,35	3,64	0,44	0,19	1,23	0,22	0,10	0,35
BAIXA	2	43	PVC PBA	50	61,51	29	38	499	494	0,26	0,11	0,46	0,14	0,06	0,15	0,06	0,03	0,03
BAIXA	2	44	PVC PBA	50	133,14	38	39	494	494	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	45	PVC PBA	50	75,9	38	40	494	495	0,52	0,23	1,68	0,29	0,13	0,56	0,14	0,06	0,14
BAIXA	2	46	PVC PBA	200	4	26	41	494	494	0,57	0,02	0,01	2,07	0,06	0,04	3,68	0,11	0,09
BAIXA	2	47	PVC PBA	200	30,43	41	40	494	494	2,29	0,07	0,04	1,14	0,03	0,01	3,27	0,10	0,07
BAIXA	2	48	PVC PBA	200	62	40	42	494	494	2,81	0,09	0,06	0,85	0,03	0,01	3,14	0,10	0,07
BAIXA	2	49	PVC PBA	200	256,3	RE2	42	521	494	6,49	0,34	0,97	1,19	0,06	0,04	2,11	0,11	0,12
BAIXA	2	50	PVC PBA	75	152,98	42	43	494	490	3,69	1,65	63,73	2,05	0,91	21,46	1,02	0,46	5,94
BAIXA	2	51	PVC PBA	50	54,86	43	44	490	495	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	52	PVC PBA	50	54,71	43	45	490	494	3,34	1,49	52,97	1,85	0,83	17,84	0,93	0,41	4,94
BAIXA	2	53	PVC PBA	50	113,26	45	46	494	496	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	54	PVC PBA	50	28,14	45	47	494	496	2,99	1,33	43,13	1,66	0,74	14,53	0,83	0,37	4,02
BAIXA	2	55	PVC PBA	50	112,31	47	48	496	520	2,46	1,10	30,14	1,37	0,61	10,15	0,68	0,31	2,81
BAIXA	2	56	PVC PBA	50	28,34	48	D	520	522	1,40	0,62	10,59	0,78	0,35	3,57	0,39	0,17	0,99
BAIXA	2	57	PVC PBA	50	189,9	48	C	520	521	0,80	0,36	3,76	0,44	0,20	1,27	0,22	0,10	0,35
BAIXA	2	58	PVC PBA	150	235,51	26	49	494	498	3,01	0,16	0,23	4,06	0,21	0,41	4,69	0,24	0,53
BAIXA	2	59	PVC PBA	50	241,34	49	50	498	500	1,20	0,54	8,00	0,69	0,31	2,87	0,40	0,18	1,04
BAIXA	2	60	PVC PBA	50	41,51	50	51	500	500	0,58	0,26	2,06	0,33	0,15	0,73	0,18	0,08	0,25
BAIXA	2	61	PVC PBA	50	107,77	50	52	500	506	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	62	PVC PBA	50	64,94	51	53	500	500	0,42	0,19	1,12	0,23	0,10	0,39	0,12	0,05	0,12
BAIXA	2	63	PVC PBA	50	130,81	51	54	500	514	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
BAIXA	2	64	PVC PBA	50	57,28	53	F	500	505	0,60	0,27	2,20	0,33	0,15	0,74	0,17	0,07	0,21
BAIXA	2	65	PVC PBA	50	55,57	53	55	500	500	0,45	0,20	1,27	0,25	0,11	0,42	0,12	0,05	0,11
BAIXA	2	66	PVC PBA	50	65,95	55	56	500	499	0,26	0,12	0,47	0,15	0,07	0,16	0,08	0,04	0,05

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO CAGEPA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
BAIXA	2	67	PVC PBA	50	55,79	51	56	500	499	0,28	0,12	0,52	0,15	0,07	0,16	0,06	0,03	0,03
BAIXA	2	68	PVC PBA	50	44,33	57	56	498	499	0,38	0,17	0,96	0,22	0,10	0,34	0,12	0,05	0,11
BAIXA	2	69	PVC PBA	50	54,2	50	57	500	498	0,19	0,08	0,25	0,12	0,05	0,11	0,09	0,04	0,07
BAIXA	2	70	PVC PBA	50	176	58	57	497	498	0,37	0,17	0,91	0,20	0,09	0,28	0,08	0,03	0,05
BAIXA	2	71	PVC PBA	75	133,68	58	59	497	498	0,86	0,19	0,80	0,47	0,10	0,25	0,20	0,05	0,05
BAIXA	2	72	PVC PBA	75	69,14	59	60	498	498	0,45	0,10	0,24	0,24	0,05	0,08	0,11	0,02	0,02
BAIXA	2	73	PVC PBA	50	86,62	59	56	498	499	0,42	0,19	1,12	0,22	0,10	0,35	0,09	0,04	0,07
BAIXA	2	74	PVC PBA	50	86,78	60	55	498	500	0,45	0,20	1,29	0,24	0,11	0,42	0,11	0,05	0,10
BAIXA	2	75	PVC PBA	50	222,64	47	61	496	476	0,26	0,12	0,48	0,15	0,07	0,16	0,07	0,03	0,04
BAIXA	2	76	PVC PBA	50	81,36	41	62	494	494	1,71	0,77	15,43	0,93	0,41	4,96	0,41	0,18	1,10
BAIXA	2	77	PVC PBA	50	63,53	62	63	494	495	0,73	0,33	3,18	0,39	0,18	1,02	0,17	0,08	0,22
BAIXA	2	78	PVC PBA	50	50,38	62	64	494	496	0,81	0,36	3,84	0,44	0,20	1,23	0,19	0,09	0,26
ALTA	13	79	PVC PBA	75	29,48	64	63	496	495	0,50	0,11	0,30	0,27	0,06	0,09	0,11	0,02	0,02
BAIXA	5	80	PVC PBA	75	176,06	63	58	495	497	1,24	0,28	1,55	0,66	0,15	0,49	0,28	0,06	0,10
ALTA	13	81	PVC PBA	50	320,82	64	65	495	504	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	13	82	PVC PBA	50	249,42	49	G	498	547	4,47	2,00	91,23	4,90	2,19	107,90	5,16	2,30	118,82
ALTA	13	83	PVC PBA	50	54,98	G	66	547	552	5,50	2,46	133,87	5,47	2,44	132,38	5,45	2,43	131,31
ALTA	13	84	PVC PBA	50	108,97	66	67	552	535	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	13	85	PVC PBA	50	270,85	66	68	552	516	5,67	2,53	141,35	5,56	2,48	136,50	5,49	2,45	133,35
ALTA	13	86	PVC PBA	50	53,02	68	69	516	516	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
ALTA	13	87	PVC PBA	50	129,15	68	70	516	537	5,83	2,60	149,01	5,65	2,52	140,66	5,54	2,47	135,40
ALTA	13	88	PVC PBA	100	763,36	70	71	537	614	5,91	0,64	4,86	5,70	0,62	4,54	5,56	0,60	4,34
ALTA	1	89	PVC PBA	50	103,4	71	72	614	622	6,08	2,71	160,86	5,79	2,58	147,03	5,60	2,50	138,51
BAIXA	2	90	PVC PBA	100	428,04	RE2	BA2	521	576	2,88	0,15	0,21	3,04	0,16	0,24	3,13	0,16	0,25
ALTA	23	TB2	FF	100	446,26	BA2	72	576	622	8,61	0,93	9,76	8,60	0,93	9,74	8,60	0,93	9,72
ALTA	1	91	PVC PBA	100	306,55	72	73	622	624	2,54	0,28	1,02	2,81	0,31	1,23	2,99	0,32	1,38
ALTA	1	92	PVC PBA	100	10,25	73	74	624	624	10,23	1,11	13,43	5,69	0,62	4,53	2,84	0,31	1,25
ALTA	1	93	PVC PBA	100	18,62	74	RE3	624	633	10,27	1,11	13,52	5,71	0,62	4,55	2,85	0,31	1,26
ALTA	1	94	PVC PBA	75	441,99	RE3	76	633	622	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
ALTA	23	95	PVC PBA	50	329,76	76	77	622	573	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	96	PVC PBA	50	42,81	74	78	624	624	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	98	PVC PBA	50	21,63	79	80	624	625	2,46	0,27	0,96	2,77	0,30	1,19	2,97	0,32	1,36
ALTA	1	99	PVC PBA	100	42,48	79	81	624	624	10,23	1,11	13,43	5,69	0,62	4,52	2,84	0,31	1,25
ALTA	1	100	PVC PBA	100	226,18	81	82	624	626	3,35	0,36	1,70	1,86	0,20	0,57	0,93	0,10	0,16
ALTA	1	101	PVC PBA	75	523,77	82	L	626	632	1,44	0,32	2,06	0,80	0,18	0,69	0,40	0,09	0,19
ALTA	1	102	PVC PBA	75	435,65	82	83	626	628	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	103	PVC PBA	75	210,28	82	N	626	626	1,75	0,39	2,95	0,97	0,22	0,99	0,49	0,11	0,27
ALTA	1	104	PVC PBA	50	147,04	81	84	624	624	6,76	3,02	195,78	3,75	1,68	65,92	1,88	0,84	18,26
ALTA	1	105	PVC PBA	50	53,55	84	85	624	625	3,32	1,48	52,65	1,85	0,82	17,73	0,92	0,41	4,91

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO CAGEPA

LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
ALTA	1	106	PVC PBA	50	122,75	85	86	625	627	2,14	0,95	23,22	1,19	0,53	7,82	0,59	0,27	2,17
ALTA	1	107	PVC PBA	50	41,92	86	87	627	627	1,36	0,61	10,01	0,75	0,34	3,37	0,38	0,17	0,93
ALTA	1	108	PVC PBA	50	50,8	87	88	627	627	0,92	0,41	4,85	0,51	0,23	1,63	0,25	0,11	0,45
ALTA	1	109	PVC PBA	50	47,21	88	89	627	627	0,88	0,39	4,52	0,49	0,22	1,52	0,25	0,11	0,42
ALTA	1	110	PVC PBA	50	142,66	89	K	627	629	1,24	0,55	8,41	0,69	0,31	2,83	0,34	0,15	0,79
ALTA	1	111	PVC PBA	50	68,97	88	90	627	629	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	112	PVC PBA	50	61,84	87	91	627	628	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	113	PVC PBA	50	168,29	88	92	627	626	0,47	0,21	1,43	0,26	0,12	0,48	0,13	0,06	0,13
ALTA	1	114	PVC PBA	50	127,41	88	92	627	626	0,17	0,08	0,22	0,09	0,04	0,07	0,05	0,02	0,02
ALTA	1	115	PVC PBA	50	48,06	92	93	626	625	0,77	0,34	3,49	0,43	0,19	1,18	0,21	0,10	0,33
ALTA	1	116	PVC PBA	50	132,35	87	93	627	625	0,23	0,10	0,39	0,13	0,06	0,13	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	117	PVC PBA	50	180,13	86	93	627	625	0,66	0,29	2,61	0,37	0,16	0,88	0,18	0,08	0,24
ALTA	1	118	PVC PBA	50	50,97	84	94	624	623	3,31	1,48	52,19	1,84	0,82	17,57	0,92	0,41	4,87
ALTA	1	119	PVC PBA	50	49,98	94	95	623	620	1,45	0,65	11,27	0,80	0,36	3,80	0,40	0,18	1,05
ALTA	1	120	PVC PBA	50	51,61	95	96	620	617	0,69	0,31	2,85	0,38	0,17	0,96	0,19	0,09	0,27
ALTA	1	121	PVC PBA	50	49,66	96	97	617	614	0,25	0,11	0,44	0,14	0,06	0,15	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	122	PVC PBA	50	97,39	97	98	614	615	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	123	PVC PBA	50	198,48	96	99	617	617	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	124	PVC PBA	50	231,32	95	100	620	618	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	125	PVC PBA	50	207,31	100	101	618	614	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	126	PVC PBA	50	53,06	100	102	618	620	0,21	0,10	0,33	0,12	0,05	0,11	0,06	0,03	0,03
ALTA	1	127	PVC PBA	50	70,28	102	M	620	621	0,31	0,14	0,65	0,17	0,08	0,22	0,09	0,04	0,06
ALTA	1	128	PVC PBA	50	213,86	94	102	623	621	0,65	0,29	2,53	0,36	0,16	0,85	0,18	0,08	0,24
ALTA	1	129	PVC PBA	50	41,88	85	103	625	625	1,06	0,48	6,39	0,59	0,26	2,15	0,30	0,13	0,60
ALTA	1	130	PVC PBA	50	114,86	103	104	625	622	0,90	0,40	4,69	0,50	0,22	1,58	0,25	0,11	0,44
ALTA	1	131	PVC PBA	50	68,39	104	J	622	626	0,31	0,14	0,65	0,17	0,08	0,22	0,09	0,04	0,06
ALTA	1	132	PVC PBA	50	26,91	104	105	622	620	0,47	0,21	1,40	0,26	0,12	0,47	0,13	0,06	0,13
ALTA	1	133	PVC PBA	50	68,88	105	106	620	618	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	134	PVC PBA	50	26,35	105	107	620	618	0,31	0,14	0,63	0,17	0,08	0,21	0,08	0,04	0,06
ALTA	1	135	PVC PBA	50	24,3	107	108	618	616	0,80	0,36	3,76	0,44	0,20	1,27	0,22	0,10	0,35
ALTA	1	136	PVC PBA	50	63,65	108	109	616	613	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	137	PVC PBA	50	27,68	108	110	616	613	0,64	0,28	2,46	0,35	0,16	0,83	0,18	0,08	0,23
ALTA	1	138	PVC PBA	50	22,99	110	I	613	611	1,34	0,60	9,76	0,74	0,33	3,29	0,37	0,17	0,91
ALTA	1	139	PVC PBA	50	92,72	I	H	611	607	0,51	0,23	1,66	0,29	0,13	0,56	0,14	0,06	0,15
ALTA	1	140	PVC PBA	50	75,21	107	111	618	621	0,62	0,28	2,33	0,34	0,15	0,78	0,17	0,08	0,22
ALTA	1	141	PVC PBA	50	52,07	103	112	625	622	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ALTA	1	142	PVC PBA	50	134,88	111	94	621	623	1,05	0,47	6,26	0,59	0,26	2,11	0,29	0,13	0,58
ALTA	1	143	PVC PBA	50	75,56	110	113	613	617	0,82	0,37	3,98	0,46	0,20	1,34	0,23	0,10	0,37
ALTA	1	144	PVC PBA	50	51,26	111	113	621	617	0,31	0,14	0,66	0,17	0,08	0,22	0,09	0,04	0,06

APÊNDICE X - VAZÃO, VELOCIDADE E PERDA DE CARGA PARA OS TRECHOS DO CENÁRIO CAGEPA																		
LOCALIZAÇÃO		TRECHO				NOME DO NÓ		COTA DO NÓ (m)		MÁX			MÉD			MÍN		
MACRO ZONA	MICROZ ONA	NOME	MATERIAL	DN	COMP. (m)	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)	VAZÃO (l/s)	VELOCIDA DE (m/s)	PERDA DE CARGA (m)
ALTA	1	145	PVC PBA	50	64,86	113	114	617	620	0,59	0,27	2,17	0,33	0,15	0,73	0,17	0,07	0,20
ALTA	1	146	PVC PBA	50	69,4	114	95	620	620	0,64	0,29	2,52	0,36	0,16	0,85	0,18	0,08	0,23
ALTA	1	147	PVC PBA	50	51,7	114	115	620	616	0,07	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
ALTA	1	148	PVC PBA	50	65,03	115	96	616	617	0,23	0,10	0,39	0,13	0,06	0,13	0,07	0,03	0,04
ALTA	1	149	PVC PBA	50	52,99	115	116	616	611	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
ALTA	1	150	PVC PBA	50	131,77	116	117	611	604	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTA	1	151	PVC PBA	50	70,26	116	97	611	614	0,09	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01