

Edson Jorge Xavier Casteano

**Análise e optimização do funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da
Vila Municipal de Sussundenga**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil com Habilitação em Construção e
Manutenção de Obras Hidráulicas

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

Edson Jorge Xavier Casteano

**Análise e optimização do funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da
Vila Municipal de Sussundenga**

Monografia Científica apresentada à Faculdade de
Engenharias e Tecnologias, para obtenção do grau
académico de licenciatura em Engenharia de
Construção Civil com Habilitação em Construção e
Manutenção de Obras Hidráulicas.

Supervisor:

Eng.º Fernando Evaristo Namburete

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus supervisores Eng.º Fernando Evaristo Namburete e do Eng.º Zito Carlos, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, aos _____ de _____ de _____.

Edson Jorge Xavier Casteano

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família.

Aos meus pais Xavier Francisco Casteano e Artemisa Jorge Chiziane Casteano, e aos meus irmãos Stélvio Francisco Casteano e Xavier Francisco Casteano Júnior, que me apoiaram, conduziram e incentivaram a minha educação formal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ser meu socorro bem presente em tempos difíceis, por fazer muito mais do que tenho imaginado ou esperado em minha vida.

Agradecer à minha família por ter-me proporcionado condições para a obtenção de um curso superior, a compreensão, ajuda e apoios dados ao longo de toda a minha jornada académica.

Aos meus orientadores, pelo facto de terem aceitado o desafio de orientar-me durante a realização do meu Estágio Curricular, quer seja pela compreensão, conselhos e ensinamentos transmitidos.

À Empresa TÉCNICA, Lda. gostaria de agradecer a oportunidade dada para a realização de um estágio na empresa e posterior acompanhamento na elaboração da Monografia Científica, bem como a todos os seus colaboradores que sempre estiveram disponíveis a ajudar-me e ao seu acolhimento no seio da Empresa.

Ao Eng.º Fernando Namburete, ao Eng.º Zito Carlos, e ao Eng.º Jossefe Jane, um muito obrigado pela vossa paciência, acompanhamento, disponibilidade, esclarecimento de dúvidas e transmissão de conhecimentos que me facultaram.

Agradeço também, a todos os funcionários afectos à obra pelos conhecimentos que me foram fornecidos, boa relação, compreensão na abordagem de certas questões e dicas dadas para o início minha vida activa no ramo da Engenharia Civil.

Finalmente, mas não por último, um muito obrigado a todos os meus colegas e amigos de curso que me acompanharam ao longo de toda a vida académica.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de ligações previstas.	20
Tabela 2. Comparação dos valores dos diâmetros projectados com os alterados na execução.	36

ANEXO

Tabela 3. Designação dos resultados das simulações nos trechos e nos nós.	1
Tabela 4. Resultados das Simulações nos trechos nos dois cenários da rede.	10
Tabela 5. Resultados das Simulações nos nós nos dois cenários da rede.	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação em planta de um sistema de abastecimento de água. Fonte: TSUTIYA (2004).....	5
Figura 2. Representação do perfil de um sistema de abastecimento de água. Fonte: TSUTIYA (2006).....	6
Figura 3. Esquema de uma rede ramificada. Fonte: (Tsutiya, 2006).....	8
Figura 4. Esquema de uma rede malhada. Fonte: (Tsutiya, 2006)	9
Figura 5. Esquema de uma rede mista. Fonte: (Tsutiya, 2006)	9
Figura 6. Localização do Distrito de Sussundenga. Fonte: Wikipédia (2021).	16
Figura 7. Divisão administrativa da Vila Municipal de Sussundenga. Fonte: TÉCNICA (2019).....	17
Figura 8. Esquema de localização dos furos e traçado das condutas adutoras. Fonte: TÉCNICA (2019).....	19
Figura 9. Localização geográfica da estação de captação projectada. Fonte: TÉCNICA (2019).....	22
Figura 10. Imagem da fonte de captação (rio Munhinga). Fonte: Autor (2021).	23
Figura 11. Imagem do recinto a ser implantada a ETA. Fonte: Autor (2021).....	24
Figura 12. Mapa de Localização da Estação de Tratamento de Água (ETA), acerca de 300m da toma de água projectada. Fonte: TÉCNICA (2019).....	25
Figura 13. Imagem do recinto do CD1 (existente). Fonte: Autor (2021).	26
Figura 14. Imagem do recinto do CD1. Fonte: Autor (2021).	27
Figura 15. Traçado da rede de distribuição de água nos 12 bairros abrangidos pelo projecto, desde curto-médio (2019-2029) e longo prazo (2039). Fonte: TÉCNICA (2019).	28
Figura 16. Rede de Distribuição projectada (2029-2039). Fonte: TECNICA (2019).	28
Figura 17. Implantação da rede de distribuição da primeira fase (2019-2029). Fonte: Autor (2021).....	29
Figura 18. Rede de Distribuição projectada na segunda fase (2029-2039). Fonte: TECNICA (2019).....	35
Figura 19. Rede de Adução e Distribuição projectada na primeira fase (2019-2029). Fonte: TECNICA (2019).....	36
Figura 20. Rede de Adução e Distribuição projectada na primeira fase (2019-2029). Fonte: TECNICA (2019) ajustado pelo Autor (2022).	37

Figura 21. Parte 1 do Mapa da rede de distrib*uição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2029) prazo. Fonte: TECNICA (2019).	38
Figura 22. Parte 2 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2019) prazo. Fonte: TECNICA (2019).	39
Figura 23. Rede de Adução e Distribuição a ser implantada na primeira fase (2019-2029). Fonte: Autor (2022).	40
Figura 24. Parte 1 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2029) prazo. Fonte: Autor (2022).	41
Figura 25. Parte 2 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2019) prazo. Fonte: Autor (2022).	42
Figura 26. Planimetria da rede de distribuição. Fonte: Autor (2022)	43
Figura 27. Planimetria da rede de distribuição. Fonte: TECNICA (2019)	43
Figura 28. Simulação das pressões na rede Projectada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).....	44
Figura 29. Simulação das velocidades na rede Projectada através software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).....	44
Figura 30. Simulação das pressões na rede a ser implantada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).	45
Figura 31. Simulação das velocidades na rede a ser implantada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).	45
Figura 32. Pontos para descargas de fundo e pontos adicionais de cloragem. Fonte: Autor (2022).....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD	Centro Distribuidor
ETA	Estação de Tratamento de Água
LENHS	Laboratório de Eficiência energética e Hidráulica em Saneamento
®	Marca Registrada
PSAA	Pequeno Sistema de Abastecimento de Água
PVC	Policloreto de Vinila
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
RSPDADAR	Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
RNF	Reservatório de Nível Fixo
RNV	Reservatório de Nível Variável
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
VRP	Válvula Redutora de Pressão

RESUMO

O controle de pressões e velocidades da água em redes de distribuição nos seus níveis adequados, certifica a qualidade da água e eficiência do abastecimento para o atendimento dos consumidores.

Essa pesquisa teve como o objectivo analisar o funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da Vila Municipal de Sussundenga após alterações em campo dos diâmetros projectados, através da simulação da rede de distribuição a ser implantada usando *software* Epanet, propor possíveis alternativas técnicas que otimizem o sistema com relação ao controle de pressões e velocidades na rede. Analisou-se também o impacto da mudança do traçado previamente previsto no projecto. Através de dados levantados como o levantamento topográfico, dados populacionais da vila, mapeamento da rede de distribuição e outros dados importantes, foi executado um diagnóstico geral do projecto de SAA em questão pra vários cenários temporais e operacionais.

Após simulação e diagnóstico foi detectado anomalias na rede, em foco para as velocidades, sendo estas muito abaixo do recomendado pelo regulamento vigente no País.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Abastecimento de Água, Modelagem Hidráulica, Epanet, Gestão de Pressões e Velocidades.

ABSTRACT

The control of water pressures and speeds in distribution networks at their appropriate levels certifies water quality and supply efficiency to serve consumers.

This research aimed to analyze the hydraulic functioning of the water distribution network of Vila Municipal de Sussundenga after alterations in the field of the projected diameters, through the simulation of the distribution network to be implanted using Epanet software, to propose possible technical alternatives that optimize the system regarding the control of pressures and speeds in the network. The impact of changing the route previously foreseen in the project was also analyzed. Through collected data such as the topographic survey, village population data, distribution network mapping and other important data, a general diagnosis of the SAA project in question was carried out for various temporal and operational scenarios.

After simulation and diagnosis, anomalies were detected in the network, focusing on the speeds, which are far below the recommended by the regulation in force in the country.

KEYWORDS: Water Supply System, Hydraulic Modelling, Epanet, Pressure and speeds Management.

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA	iii
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Delimitação do Tema	2
1.3. Problema de Pesquisa.....	2
1.4. Justificativa.....	3
1.5. Hipóteses	4
1.6. Objectivos.....	4
1.6.1. Objectivo Geral	4
1.6.2. Objectivos Específicos	4
2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
❖ Conceitos básicos	5
2.1. Sistema de Abastecimento de Água (SAA)	5
2.1.1. Componentes de um SAA.....	6
2.2. Redes de Distribuição de Água	7
2.2.1. Tipo de Redes de Distribuição	7
2.2.2. Problemas em redes de distribuição.....	10
2.3. Modelagem Hidráulica.....	11
2.3.1. Programa Epanet.....	12
3. CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.1. Generalidades do Local de Estudo	15
3.1.1. Localização, Superfície e População	15
3.1.2. Economia, Turismo e Serviços	17

3.2.	Descrição Geral do SAA existente.....	18
3.3.	Descrição Geral do Projecto.....	20
3.3.1.	Captação.....	21
3.3.2.	Estação de Tratamento.....	23
3.3.3.	Centros Distribuidores (CD).....	25
3.3.4.	Rede de Distribuição.....	27
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGIA.....	30
4.1.	Abordagem metodológica.....	30
4.2.	Amostragem.....	30
4.3.	Técnicas de recolha de dados.....	30
4.4.	Técnicas de análise de dados.....	31
4.5.	Questões éticas.....	32
5.	CAPÍTULO V: ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	34
5.1.	Análise da Rede Existente.....	34
5.2.	Análise da Rede de Distribuição Implantada.....	34
5.2.1.	Mapeamento da rede de distribuição de água do SAA implantada na Vila Municipal de Sussundenga no seu estado actual dos anos de início de exploração.....	40
5.2.2.	Modelagem e simulação hidráulica no EPANET 2.0.....	43
5.2.3.	Comparação e verificação da eficiência de velocidades e pressões dada a alteração dos diâmetros.....	44
5.2.4.	Estratégias de intervenção para optimização do funcionamento hidráulico da rede de distribuição.....	46
6.	CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO.....	49
6.1.	CONCLUSÕES.....	49
6.2.	RECOMENDAÇÃO.....	50
7.	CAPÍTULO VII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
7.1.	BIBLIOGRAFIA.....	51
	APÊNDICES.....	1
	APÊNDICE A – Resultados das simulações nos trechos nos dois cenários da rede.....	1
	APÊNDICE B – Resultados das Simulações nos nós nos dois cenários da rede.....	11
	ANEXOS.....	18

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

Os estudos relacionados à água são fundamentais quando se objectiva o aprimoramento da gestão deste recurso fundamental para a vida, que é, ao mesmo tempo, abundante no que diz respeito à quantidade existente no planeta e escasso quando se considera o acesso e a adequabilidade ao consumo da parcela de água acessível (DOS SANTOS, 2018).

A rede de distribuição de água é uma solução colectiva para abastecimento de água em cidades, vilas, municípios, entre outros. Entretanto, quando esse sistema não supre a demanda existente, deixando de cumprir com seu principal objectivo, inicia-se um ciclo de problemas, o que gera diversos prejuízos. Tais prejuízos atingem tanto a empresa responsável pela projecção e implantação da rede de distribuição, quanto a população, que passa a perder direitos básicos que deveriam ser devidamente cumpridos (SANTOS, 2019).

Uma das principais prioridades da população é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, por importância ao atendimento às necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2006).

Apesar do progresso considerável registado ao longo dos anos, apenas metade dos moçambicanos tem acesso ao abastecimento de água melhorado e menos de um quarto (um em cinco) usa saneamento melhorado. De uma forma geral, persistem desigualdades flagrantes nos serviços de abastecimento de água e saneamento entre as pessoas que vivem nas zonas rurais e as que vive nas zonas urbanas (UNICEF, 2021).

Na Vila sede de Sussundenga a capacidade de fornecimento de água potável é bastante limitada, o sistema actual em funcionamento não consegue abastecer toda Vila, abrangendo apenas a 5 a 10% da população, e esse abastecimento é feito com grandes dificuldades em algumas zonas, podendo ficar cerca de 72h sem o fornecimento da água.

Através das simulações hidráulicas muitas análises podem ser feitas sobre o comportamento da operação do sistema de abastecimento. Dessa maneira, poderão ser tomadas decisões sobre possíveis intervenções físicas ou operacionais, visando melhorar a eficiência do sistema (SERQUEIRA, 2020).

Com a expansão das zonas urbanas, ocorre uma ampliação na demanda de consumo, extrapolando as previsões e a capacidade de fornecimento de água a nível satisfatório, sob o ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. Para isso, revisou-se na literatura os métodos para monitoramento de redes, analisando caudais e fazendo um estudo de caso para o SAA na Vila de Sussundenga.

Fazendo-se simulação da rede com as alterações feitas em campo como a alteração de alguns diâmetros de tubagens poderemos monitorar a futura funcionalidade do sistema para garantir a demanda necessária a população com pressão, velocidade e qualidade adequadas estabelecidas pelo Regulamento vigente no País (RSPDADAR, 2003).

1.2. Delimitação do Tema

Na pesquisa, são executadas simulações da rede de distribuição de água a ser implantada no posto Administrativo Sede de Sussundenga, localizado na vila municipal de Sussundenga na Província de Manica, Moçambique.

A área de estudo caracteriza-se por ser predominantemente com habitações residenciais e uma área de expansão. Este trabalho tem como objectivo analisar o funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da Vila Municipal de Sussundenga em possíveis cenários da rede de distribuição de água para a vila usando o programa EPANET, de modo a atender todas as demandas e critérios técnicos contidos na norma vigente no País, comparando a situação projectada com a actual.

1.3. Problema de Pesquisa

Durante a implantação das condutas, verificou-se alterações dos diâmetros das condutas por motivos como a acessibilidade dos materiais em padrões requeridos no mercado e alterações da disposição da rede devido a vários factores como o crescimento demográfico que acabam fazendo habitações em locais que durante a projecção da rede não havia la nenhuma moradia, alterações essas que podem afectar naquilo que é a funcionalidade hidráulica prevista para um bom funcionamento do sistema.

Após modelagem hidráulica e simulação da rede constataram-se baixas velocidades e elevadas pressões no sistema.

É neste contexto que pretendeu-se levar a cabo a modelagem/simulação hidráulica da rede de distribuição de água do SAA da vila de Sussundenga.

E o problema que se colocou é:

Como otimizar o funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água na Vila Municipal de Sussundenga nos anos de início de exploração?

1.4. Justificativa

Um núcleo urbano, seja este de quaisquer dimensões, está constantemente em mudança, visto as necessidades da população, actividades económicas e/ou culturais, e seus sistemas e aparelhos devem acompanhar essas mudanças. No caso de sistemas de distribuição de água, essas mudanças alteram características operacionais dos sistemas, como por exemplo, as pressões actuantes nestes.

De acordo com o (RSPDADAR, 2003), que trata sobre projectos de rede de distribuição de água para abastecimento público, a pressão estática máxima em qualquer ponto da rede deve ser de 600 kPa, medida ao nível do solo e a pressão mínima deve ser de 150 kPa (suficiente para abastecer sem sistema de bombeamento um edifício de três pisos). Isso significa que, mesmo depois de realizadas as modificações nas redes de abastecimento ocasionadas pelas ampliações dos sistemas ou de qualquer outro tipo de intervenção, os limites de pressões e velocidades estabelecidos pela normativa devem sempre ser atendidos.

Ainda de acordo com o (RSPDADAR, 2003), a velocidade de escoamento para o caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0.30 m/s por razões sanitárias.

Dentre as consequências de operar um sistema com pressões e velocidades fora dos limites estabelecidos, estão as dificuldades no abastecimento e na garantia da qualidade da água.

Frente ao exposto, busca-se nessa pesquisa diagnosticar a operação da rede de abastecimento do sistema através do uso de programa especializado para o mapeamento e análise das pressões e velocidades de serviço em sistemas de abastecimento de água, na tentativa de evitar prejuízos como os citados anteriormente (ruptura de tubagens, vazamentos, contaminação e intermitência).

1.5. Hipóteses

Segundo (LAKATOS, et al., 2003), o ponto básico do tema, individualizado e especificado na formulação do problema, sendo uma dificuldade sentida, compreendida e definida, necessita de uma resposta, “provável, suposta e provisória”, isto é, uma hipótese.

Assim sendo, constituem hipóteses da presente pesquisa as seguintes:

- A alteração do projecto no que concerne aos diâmetros implantados na rede não irá influenciar na funcionalidade da rede de distribuição de água da Vila.
- A alteração do projecto no que concerne aos diâmetros implantados na rede irá influenciar na funcionalidade da rede de distribuição de água da Vila.

1.6. Objectivos

1.6.1. Objectivo Geral

- Analisar o funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da Vila Municipal de Sussundenga.

1.6.2. Objectivos Específicos

- Realizar o mapeamento da rede de distribuição de água do SAA da Vila no estado actual nos anos de início de exploração;
- Realizar a modelação e simulação da rede de distribuição de água a ser implantada na vila de Sussundenga através do *software* Epanet 2.0;
- Verificar a eficiência de velocidades e pressões dada a alteração de diâmetros na implantação;
- Comparar os resultados obtidos na simulação com o que está a ser implantado;
- Propor estratégias de intervenções para que possam corrigir as possíveis anomalias existentes;

2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é feita a discussão dos temas que fundamentam a pesquisa, na perspectiva de diferentes autores. Neste sentido, foram discutidos os conceitos básicos relacionados ao trabalho (SAA), com o foco na rede de distribuição.

❖ Conceitos básicos

Nesta secção, parte-se do pressuposto segundo a qual, os conceitos são elementos de investigação que complementam o quadro teórico, na medida em que, permitem a delimitação e identificação dos elementos a serem privilegiados no momento da recolha e interpretação dos dados em torno do objecto de estudo.

2.1. Sistema de Abastecimento de Água (SAA)

Sistemas de abastecimento de água podem ser definidos como um conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para o suprimento de água às comunidades, para fins de consumo doméstico, industrial e público. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos das seguintes partes: Manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição (FUNASA, 2015).

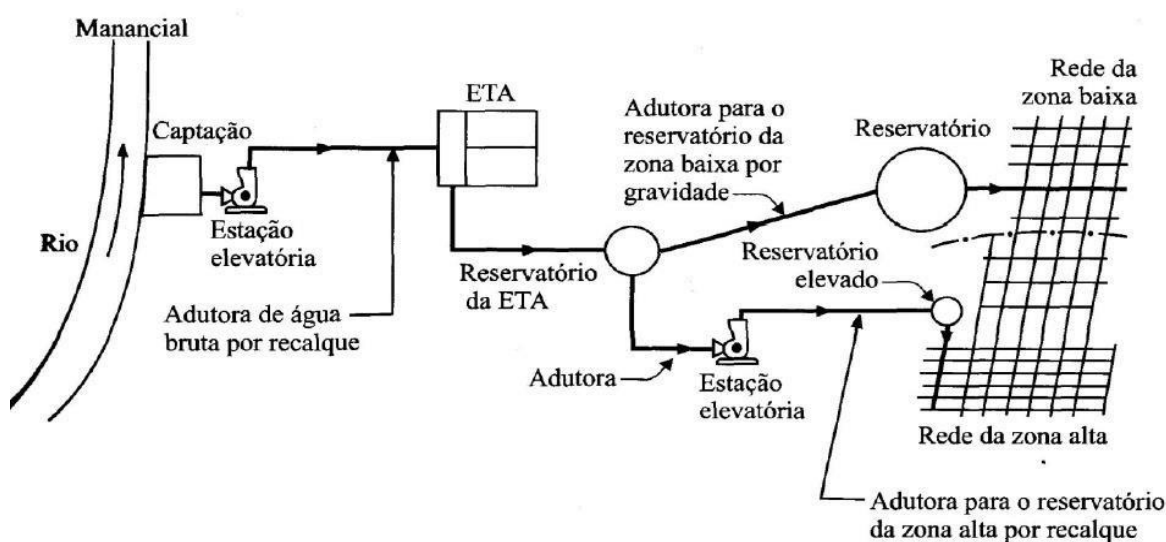


Figura 1. Representação em planta de um sistema de abastecimento de água. Fonte: TSUTIYA (2004).

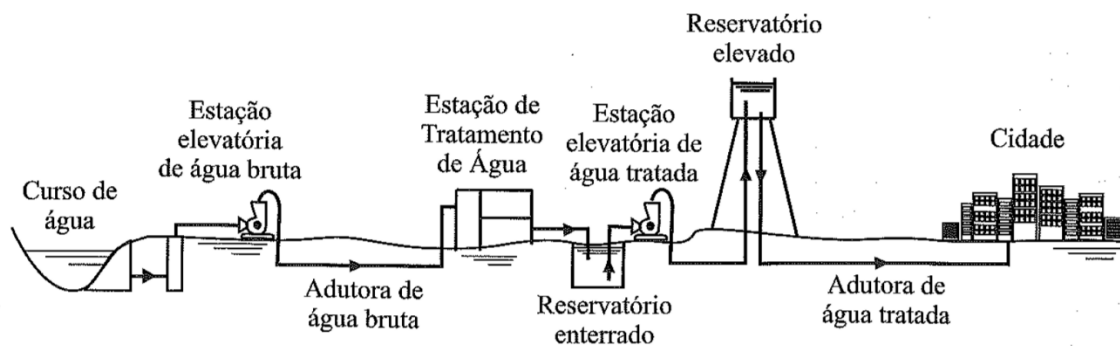


Figura 2. Representação do perfil de um sistema de abastecimento de água. Fonte: TSUTIYA (2006)

2.1.1. Componentes de um SAA

➤ Manancial

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer caudal suficiente para atender a demanda de água no período de projecto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2006).

➤ Captação

A captação é o termo que define o conjunto de itens construídos para retirar a água dos reservatórios subterrâneos ou superficiais que são destinados ao abastecimento da população demandada (GRAFF, 2019).

➤ Estação elevatória

Conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar a água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória, tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou caudal em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2006).

➤ Adutora

Canalização que se destina conduzir água entre as unidades que procedem a rede de distribuição. Não distribuem água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são as sub-adutoras (TSUTIYA, 2006).

➤ Estação de tratamento de água

A estação de tratamento é onde a água bruta proveniente do recurso hídrico é tratada e regularizada conforme exigido pelas normas e padrões de potabilidade que as legislações

vigentes exigem, tornando-a uma água apta para consumo sem prejudicar a saúde e também a segurança da população (GRAFF, 2019).

➤ **Reservatório**

É o elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre os caudais de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição (TSUTIYA, 2006).

➤ **Rede de distribuição**

Parte do sistema de abastecimento de água formada de condutas e órgãos acessórios, destinados a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas (TSUTIYA, 2006).

2.2. Redes de Distribuição de Água

2.2.1. Tipo de Redes de Distribuição

Segundo (GOMES, 1999), para a identificação dos elementos da rede é usado uma nomenclatura específica:

- Trecho: percursos da rede onde o caudal é constante;
- Nó: conexão entre dois trechos (produzem modificações no caudal circulante);
- Nó de derivação: conecta dois ou mais trechos;
- Ramal: Trechos conectados em série, sem nenhum nó de derivação;
- Artérias: percursos principais da rede, formado por ramais agrupados em série;
- Traçado da rede: configuração da distribuição das condutas, indicando a situação topográfica dos componentes da rede;
- Alimentação ou cabeceira de rede: início da rede, geralmente é onde se localiza o reservatório de distribuição ou bombeamento directo.

Segundo (TSUTIYA, 2006), uma rede de distribuição é normalmente constituída por dois tipos de canalizações principais e secundárias.

As canalizações principais, também chamadas de conduto tronco, têm maior diâmetro e objectiva abastecer os condutos secundários, enquanto as secundárias de menor diâmetro, objectivam abastecer directamente os pontos de consumo do sistema.

De acordo com a disposição dos condutos principais e o sentido de escoamento das condutas secundárias, as redes são classificadas como rede malhada, rede ramificada e mista em casos em que são encontrados os dois tipos em um mesmo sistema. (TSUTIYA, 2006).

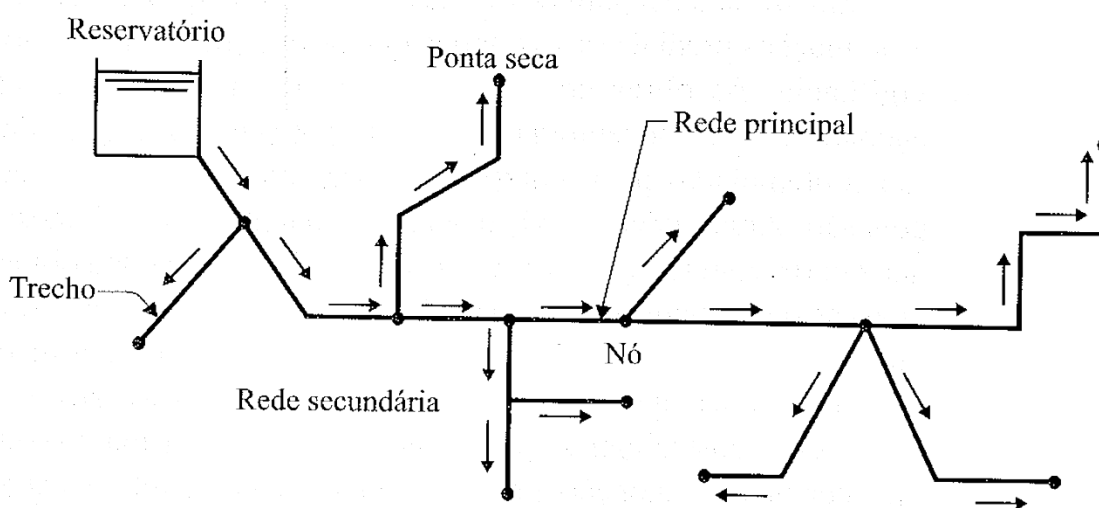


Figura 3. Esquema de uma rede ramificada. Fonte: (Tsutiya, 2006)

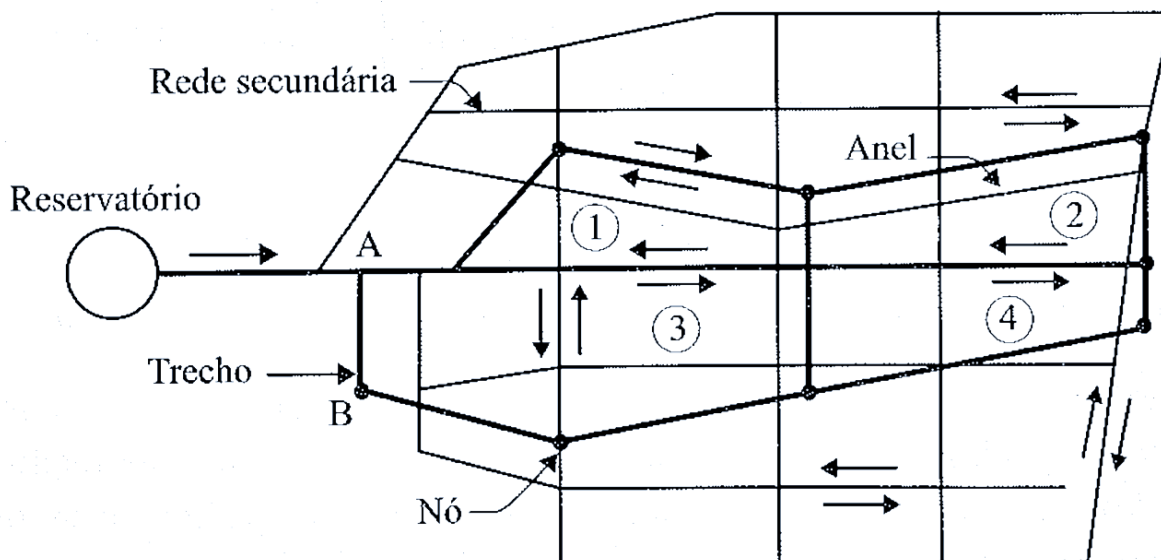


Figura 4. Esquema de uma rede malhada. Fonte: (Tsutiya, 2006)

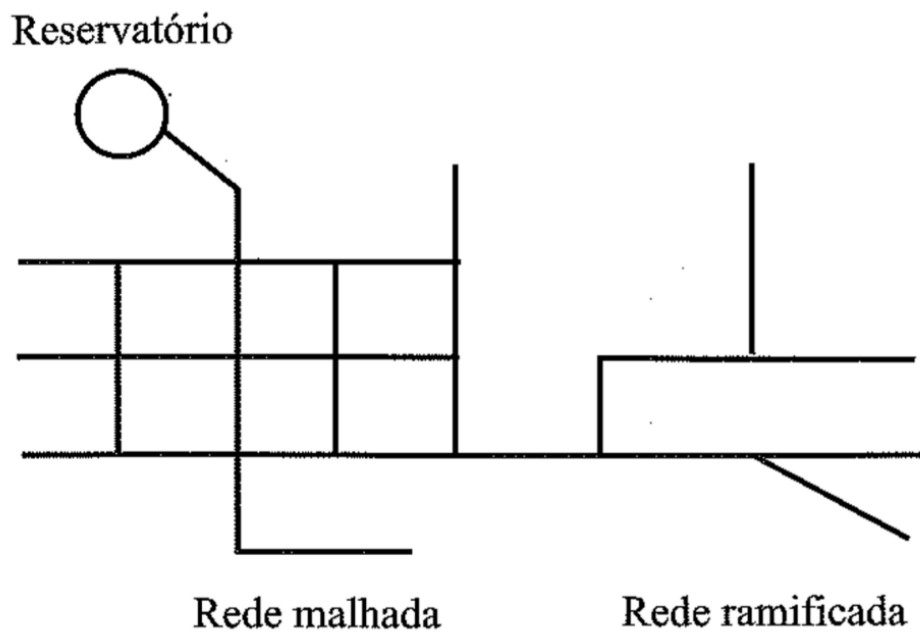


Figura 5. Esquema de uma rede mista. Fonte: (Tsutiya, 2006)

2.2.2. Problemas em redes de distribuição

A seguir serão apresentados os principais problemas em redes de abastecimento de água causados pela existência de pressões fora dos limites estabelecidos em norma.

2.2.2.1. Ocorrência de zonas de baixas pressões

Devido às altas cotas topográficas e à perda de carga nas condutas, em um sistema de abastecimento de água o líquido deve entrar com energia suficiente no sistema para vencer todas essas resistências e ainda, disponibilizar um caudal confortável nos pontos de consumo. Os trechos da rede onde a pressão actuante é menor do que a normatizada de 150 kPa são chamados de zonas de baixa pressão ou zonas de pressão negativa.

Além dos factores supracitados, outros podem contribuir para ocorrência de zonas de baixa pressão, dentre eles, a presença de grandes vazamentos e a expansão da rede em áreas localizadas fora da área de abrangência do projecto, caracterizando demandas não previstas no projecto inicial. Segundo (CARMO, 2009), as zonas de baixa pressão possuem grande probabilidade de ocorrência de intermitência no abastecimento, pois em quadros em que o caudal ofertado diminui, ou em que o caudal demandado aumenta, as primeiras áreas que poderão faltar água são aquelas localizadas em tais zonas.

2.2.2.2. Ocorrência de zonas de altas pressões

Áreas em que a pressão actuante na rede de distribuição é maior que o limite preconizado pelo (RSPDADAR, 2003) de 600 kPa, são denominados de zonas de alta pressão. Normalmente estão localizadas em regiões topograficamente acidentadas, e apresentam grande diferença de cota em relação à lâmina de água do reservatório.

(CARMO, 2009) explica que é justamente nessas zonas em que ocorrem os maiores índices de perdas reais de água, pois existe uma elevada incidência de vazamentos na rede e nas residências com abastecimento do tipo directo.

De acordo com (GOMES, 2004), as pressões elevadas nas redes devem ser reduzidas, pois:

- ✓ Com maiores pressões requeridas, o custo energético de bombeamento aumenta, já que o custo é diretamente proporcional à altura manométrica de impulsão;

- ✓ Para maiores pressões na rede, as condutas serão mais caras por necessitarem de maiores pressões nominais;
- ✓ As possibilidades de ruptura nas condutas aumentam com o aumento das pressões dinâmicas e estáticas na rede;
- ✓ As perdas reais de água crescem com o aumento das pressões de serviço, pois o caudal nas fissuras e juntas dos tubos aumenta com altas pressões;
- ✓ Os caudais nos pontos de consumo crescem com o aumento das pressões disponíveis.

2.3. Modelagem Hidráulica

Conforme (GOMES, 2004), a operação de sistemas de abastecimento de água potável, composto pelas obras de captação, adução, tratamento, estações de bombeamento, redes de distribuição, reservatórios e dispositivos de controle (válvulas), compreende um conjunto de acções necessárias à distribuição da água aos pontos de consumo com boa qualidade e em quantidade suficiente. Esta operação se constitui na principal acção de gestão das empresas de saneamento, influenciando directamente na qualidade do sistema de abastecimento em termos sanitários, ambientais, económicos e sociais.

Desde muito tempo antes da era da informática já se estudava, projectava e executava projectos de sistemas de abastecimento e distribuição de água, porém isto se fazia manualmente e de forma experimental utilizando ábacos e escalas logarítmicas para simplificar as expressões matemáticas, não obtendo muitas vezes a precisão mínima para eficácia (OLAIA, 2012).

A definição de modelos hidráulicos é dada como um software simulador de cálculo, que mediante determinadas solicitações descreve o comportamento do sistema. De acordo com (COELHO, et al., 2006), um modelo de simulação é formado pelo conjunto de dados das características físicas do sistema, das solicitações desejadas e de suas condições de operação, como também o conjunto de equações que vão reproduzir o comportamento hidráulico de todo sistema bem como de seus componentes individuais.

As simulações podem ser usadas para planear e projectar uma rede, e na utilização fornece dados para operação, manutenção e reabilitação dos sistemas. Um *software* simulador pode resolver equações de continuidade e energia com base em dados fornecidos, e pode se garantir que quanto maior a qualidade dos dados obtidos, maior será a precisão da simulação (FERNANDES, et al.,

2011). É importante a coleta de dados da forma correcta contendo desde os trechos até os acessórios da rede, como por exemplo registros, válvulas, reservatórios, redutores de pressão, entre outros.

Existem diversos simuladores que modelam um SAA, dentre os principais é possível citar o Epanet, Watercad, Hidrocad e Strumap, sendo que a escolha do programa a ser utilizado vai depender de qual tipo de projecto que será adoptado. Para este trabalho foi escolhido o Programa Epanet pois é de domínio público, não tendo custos para adquiri-lo, e é o programa mais utilizado em nível nacional com vários fóruns de discussão sobre sua utilização na internet. É confiável nos processos de cálculo, e compatível com programas de importação para CAD.

2.3.1. Programa Epanet

O EPANET foi idealizado pela agência estatal norte-americana U.S. Environmental Protection Agency (EPA), sendo sua primeira versão lançada em janeiro de 1993, é um programa computacional que possibilita a realização de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico de um sistema pressurizado, inclusive atendendo critérios referente a qualidade da água, em um determinado período (GRAFF, 2019).

Traduzido e adaptado pelo Laboratório de Eficiência energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e tendo conformidade com o Manual do EPANET 2.0 Brasil, o programa tem aplicação prática em diversas situações fornecendo dados de saídas, tais como, pressão em cada nó da rede, valores de caudal em cada trecho, cota de água em cada reservatório de nível variável (RNV), a avaliação dos consumos e da concentração de cloro residual ao longo do sistema de distribuição (GRAFF, 2019).

O EPANET é distribuído gratuitamente e seu código-frente é aberto, inclusive pode-se incorporar outras rotinas de cálculo. Trata-se de um dos programas mais testados, analisados e confiáveis para estudos hidráulicos (SILVA, 2014).

Dessa forma, o software EPANET surge como um instrumento de auxílio para simulação e análise de sistemas de distribuição de água, deste modo é possível prever e estabelecer cenários de operação da rede, como por exemplo, a análise de pressões na rede, no qual se caracteriza no objecto de estudo desse trabalho, assim como, seleccionar tubos tanto para limpeza como para substituição e alterar a origem da água em um sistema com múltiplas origens. Com essa

conjuntura, o EPANET torna-se importante na gestão dos sistemas, de forma que algumas estratégias e alternativas possam ser avaliadas, resultando eficiência dos serviços de distribuição (GRAFF, 2019).

Com o objectivo de se obter um óptimo dimensionamento, a rede deve ser completamente caracterizada, para isso, o software EPANET oferece uma modelagem hidráulica com inúmeras ferramentas, garantindo bons resultados. O Manual do EPANET lista algumas dessas características, sendo elas:

- Quantidade ilimitada de número de componentes na rede;
- Perdas de carga calculada utilizando as fórmulas Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- Inclui as perdas de cargas localizadas de conexões;
- Simula o funcionamento de bombas de velocidade constante ou variável e calcula a energia de bombeamento e seu custo;
- Modela as principais válvulas, sendo essas do tipo retenção, seccionamento, de pressão e caudal;
- Simula reservatórios de nível variável, atribuindo a diversificada forma geométrica;
- Permite estabelecer divisão de categorias de consumo nos nós, tendo cada um com seu próprio padrão de variação no tempo;
- Simula relação entre pressão e caudal em aparelhos emissores;
- Capacidade de basear as condições de operação do sistema em controles dependentes de uma ou múltiplas condições;

Por outro lado, também há a alternativa de modelagem da qualidade da água, capaz de permitir a modelagem de simulação do transporte, tempo de percurso, idade da água, período de crescimento e decaimento de algum componente da água (GRAFF, 2019).

A partir das características da rede (material e diâmetros das condutas, e demanda dos nós) obtém-se os valores de perda de carga, velocidade e caudal em cada trecho, e da carga hidráulica e pressão em cada nó ao longo do tempo, considerando a oscilação da demanda dos nós (SILVA, 2014).

Dentro da sua base de cálculo, o programa apresenta três possibilidades para o cálculo das perdas de carga, por meio das equações de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach e de Chezy-Manning, com seus respectivos coeficientes (SILVA, 2014).

3. CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Generalidades do Local de Estudo

3.1.1. Localização, Superfície e População

A Vila Municipal de Sussundenga localiza-se na zona Centro do País, Sul da Província de Manica e a Norte do Distrito do mesmo nome, em Moçambique, com sede na povoação de Sussundenga. Tem limite, a norte com os distritos de Manica e Gondola, a oeste com o Zimbabwe, a sul com o distrito de Mossurize, a sudeste e leste com o distrito de Chibabava e também a leste com o distrito de Búzi, ambos da província de Sofala.

A superfície do Distrito de Sussundenga é de 7.134 km² e, de acordo com os resultados preliminares do Recenseamento Geral da População e Habitação a população do Distrito estava estimada em 168,200 mil habitantes à data de 30/12/2017 (TÉCNICA, 2019).

A Vila Municipal dista cerca de 40 km da Cidade de Chimoio e tem uma superfície de cerca de 156,90 Km², com cerca de 43,800 e 46,800 habitantes (2015 e 2018 respectivamente). O Município é atravessado pela Estrada Nacional N260 que liga a mesma Vila e o restante território do Distrito de Sussundenga, bem como o Distrito de Mossurize e outros territórios (TÉCNICA, 2019).

A Vila municipal tem uma densidade populacional de cerca de 2.63 hab/km² e, segundo o Estudo de viabilidade do projecto elaborado em 2016 encontra-se administrativamente organizada em 21 bairros, nomeadamente: 3 de Fevereiro, Nahamatiquite, Samora Machel, Nhamarenza, Nhamawaia, Nhamezara, 25 de Junho n°1, 25 de Junho n°2, Chicueu, Buapua, Unidade, 7 de Abril, Muzória, Tave, Chizizira, Nhanguzue, Chassimba, Chipendeque, Nhanguzue, 9° Congresso e Dhowa.

No entanto, a quando do levantamento do campo o CMVS (Conselho Municipal da Vila de Sussundenga) forneceu o draft do novo Plano de Estrutura Urbana da Vila Municipal de Sussundenga, no qual o Município, passa a estar organizada administrativamente em 17 bairros, conforme a figura 7.

MAPA DA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO DISTRITO

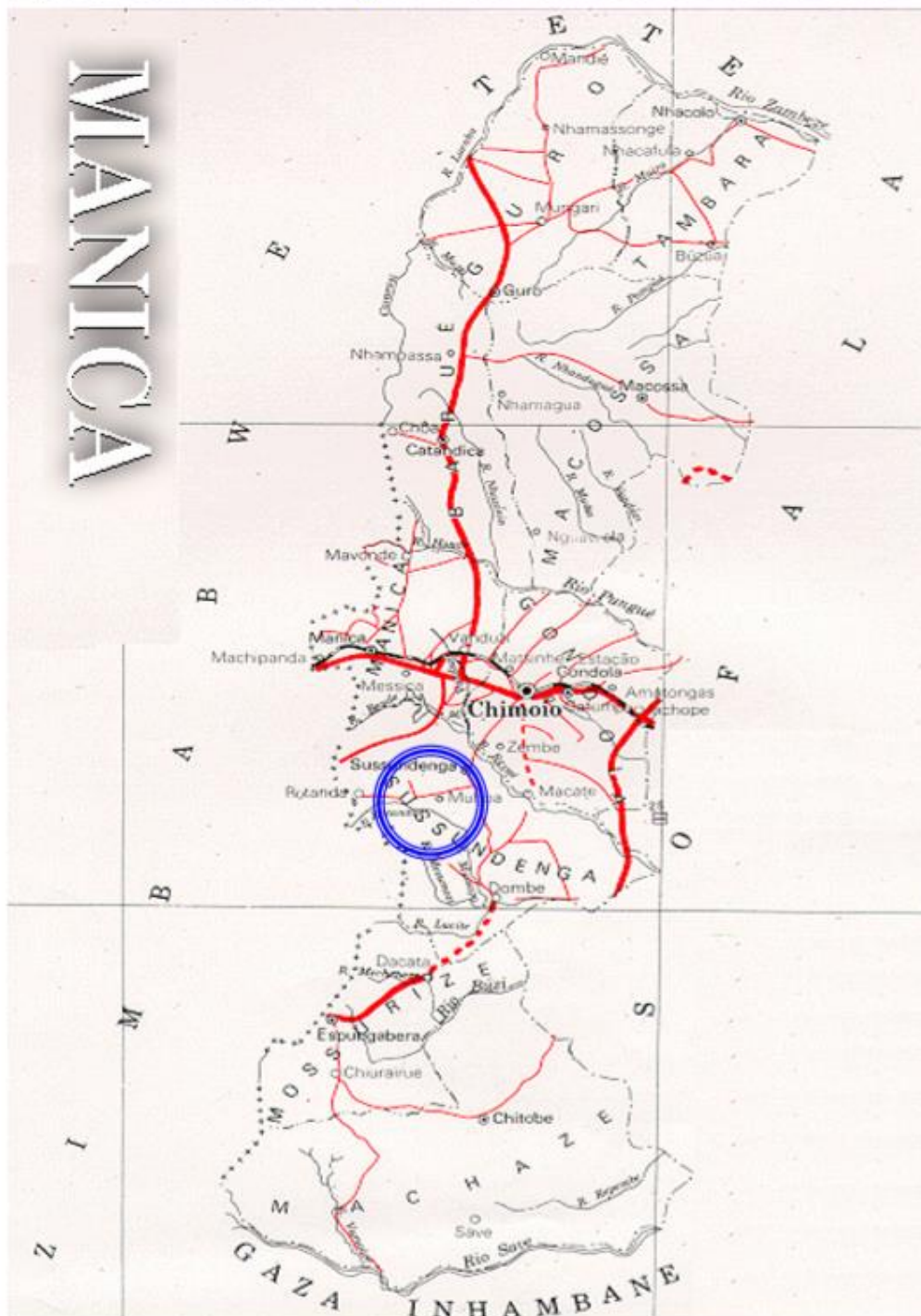


Figura 6. Localização do Distrito de Sussundenga. Fonte: Wikipédia (2021).

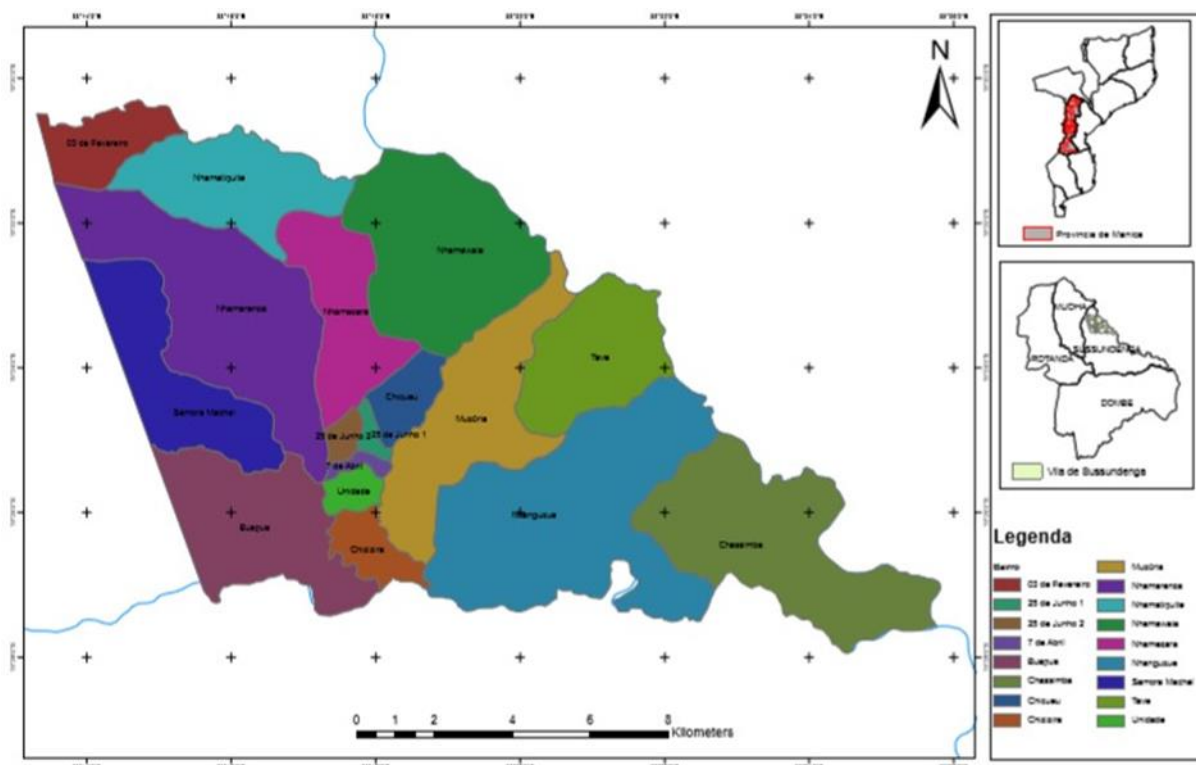


Figura 7. Divisão administrativa da Vila Municipal de Sussundenga. Fonte: TÉCNICA (2019).

3.1.2. Economia, Turismo e Serviços

Sussundenga é um distrito com grande actividade agrícola, sendo considerado o celeiro da província de Manica. É também o seu maior centro de eco-turismo pois é onde se localiza o ponto mais alto do País, o Monte Binga.

A sede do distrito de Sussundenga, é servida por corrente eléctrica da rede nacional de energia e é coberta pelas (Três) companhias de telefonia móvel (Tmcel, Vodacom e Movitel) que operam no País; as principais actividades da população são, o comércio e agricultura.

O Distrito possui características económicas essenciais para o desenvolvimento de actividades agrícola, florestal, turística (faunística) e é rico em recursos minerais. É facilmente acessível por estradas asfaltadas, gozando de uma boa-integração na rede de comércio, principalmente de excedentes agrícolas, com outros mercados, dentro e fora da Província de Manica.

As pequenas indústrias locais como moageiras, carpintarias, artesanato e o comércio informal constituem alternativas à actividade agrícola como fonte de rendimento e sobrevivência para a maioria dos jovens do Distrito.

O turismo é ainda incipiente apesar de apresentar algum potencial, possui locais de interesse cultural e turístico de impacto nacional como a Reserva Nacional do Chimanimani na Localidade de Mussapa, Posto Administrativo de Rotanda.

No que se refere ao eco-turismo, a Reserva Nacional de Chimanimani, é considerada um dos recursos turísticos mais importantes da Província de Manica, oferecendo potencial significativo não só para o eco-turismo, mas também para o turismo no geral, no entanto, necessita de investimentos significantes em infra-estruturas.

A maior parte da população (cerca de 90%) local ocupa-se na prática de actividades de agropecuária de subsistência como principais fontes de rendimento, seguida do sector de comércio informal. A indústria de manufactura e de construção civil é incipiente, apresentando assim a menor fracção da mão-de-obra local.

A Vila de Sussundenga é atravessada pela EN260 que na sua grande extensão apresenta-se em boas condições de transitabilidade e liga-se a EN6. Dentro da vila existe um terminal para transportes semicolectivos. Na parte velha da vila grande parte das principais vias estão pavimentadas e com boa transitabilidade. Entretanto, nas áreas periféricas e na sua zona de expansão as vias são de terra batida.

3.2. Descrição Geral do SAA existente

No ano de 2008, foi construído um Pequeno Sistema Público de Abastecimento de Água (PSAA) aproveitando-se do recurso subterrâneo, que é composto por 5 furos equipados com electrobombas submersíveis, dos quais 2 foram abandonados alguns anos após a sua construção devido a insuficiência de água no aquífero, sistema esse que actualmente abrange parcialmente 5 dos 21 bairros da Vila Sede Municipal de Sussundenga, nomeadamente (7 de Abril, Unidade, 25 de Junho N.º.1, 25 de Junho N.º. 2 e Nhamezara).

Os três furos operacionais estão localizados nas proximidades de um curso de água localmente chamado por “Barragem Domingos” e distribuídos entre os bairros Chicueu e Nhamezara praticamente na zona central da Vila como ilustra a figura 8. Segundo o gestor do Sistema, a capacidade de produção diária total instalada era de cerca de 470 m³, contra a actual de cerca de 204.30 m³ (TÉCNICA, 2019).

Devido à insuficiência da produção do aquífero (estimada em cerca de 220 m³/dia e 204.30 m³/dia em 2016 e 2018 respectivamente), constatou-se no terreno escassez no fornecimento de água e cortes frequentes, bem como insatisfação dos serviços aos beneficiários por parte do PSAA.

No pico de demanda, do universo de 650 ligações existentes o abastecimento nas 546 ligações operacionais (sendo que as restantes em cerca de 104 encontram-se desactivadas pela limitação da capacidade do sistema, incluindo pressão em certos pontos da zona abrangida pela rede) é feito em escalas, ou seja, um dia "sim" e um dia "não".

Existem cerca de 51 furos (dos quais 5 são novos, construídos em 2018) equipados com bombas manuais e geridos por grupos comunitários (comités), mas ficam nitidamente insuficientes para satisfazer a demanda. Registam-se longas filas de espera e pessoas são obrigadas a percorrer longas distâncias para ter água (TÉCNICA, 2019).

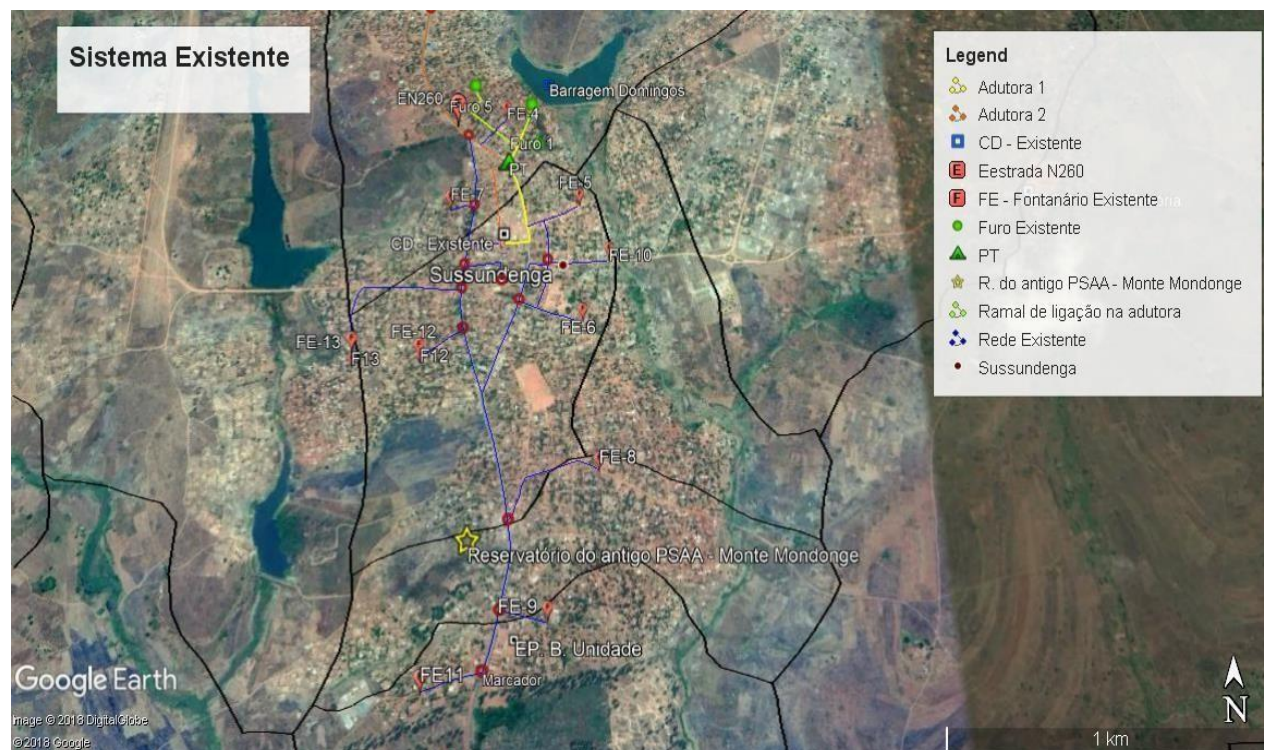


Figura 8. Esquema de localização dos furos e traçado das condutas adutoras. Fonte: TÉCNICA (2019).

3.3. Descrição Geral do Projecto

Generalidades

As intervenções definidas tiveram em consideração não somente a construção de raiz de infra-estruturas e órgãos do novo SAA na Vila de Sussundenga, mas também o reaproveitamento de algumas infra-estruturas do PSAA existente em condições técnicas e estado de conservação adequado, necessitando apenas de uma reabilitação de modo que se tornem fiáveis para a sua integração no novo sistema.

As intervenções definidas tiveram em consideração não somente a construção de raiz de infra-estruturas e órgãos do novo SAA na Vila de Sussundenga, mas também o reaproveitamento de algumas infra-estruturas do PSAA existente em condições técnicas e estado de conservação adequado, necessitando apenas de uma reabilitação de modo que se tornem fiáveis para a sua integração no novo sistema.

As novas infra-estruturas propostas e projectadas bem como os equipamentos electromecânicos e seus dispositivos de automação e/ou controle do sistema deverão ser instalados de forma faseada, segundo a demanda crescente anteriormente estimada desde o curto, médio e longo prazos.

Na fase imediata, correspondente ao arranque do projecto, prevê-se uma necessidade de cerca de 33 fontanários públicos dos quais 13 são existentes (por reabilitar) e um total de cerca 2774 ligações (dos quais cerca de 650 são existentes por reabilitar e 2 124 novas), a médio prazo cerca de 28 fontanários e 4 411 ligações e no horizonte de projecto médio 6 fontanários e um universo de cerca 7 593 ligações, sendo apenas 1 838 novas para 2039. (TÉCNICA, 2019)

Deste modo, o consultor propõe a construção de 20 novos fontanários no ano de arranque e 2500 ligações, ficando a cargo do gestor do sistema realizar as restantes ligações e seu incremento a medida que o sistema for crescendo como apresentado na tabela abaixo.

Número de Ligações Previstas			
Ano	L. Domiciliárias	T. Quintal	Fontanário
2019	252	2522	33
2029	315	4096	28
2039	1199	6394	6

Tabela 1. Número de ligações previstas. Fonte: TÉCNICA (2019).

As soluções delineadas em termos de infra-estruturas a serem executadas para a nova Estação de Captação e Tratamento de Água são as seguintes:

- Toma de água;
- Estação de Tratamento de Água (ETA);
- Estação Elevatória da água tratada, incluindo os equipamentos electromecânicos e instalações complementares;
- Edifícios de apoio (guarita, armazém, casa do guarda e do operador, etc.),
- Vedação de todo o perímetro do recinto da captação;
- 2 (Dois) depósitos de contacto (armazenamento de água tratada) em betão armado (250m^3), sendo um para 2019 a 2029 e outro em 2039;
- Instalações complementares da parte hidráulica e eléctrica sobre o PT, gerador incluindo edifício do seu abrigo, iluminação das infra-estruturas e periférica ao longo da EC e ETA.

Apresentar-se-á a seguir soluções técnicas e economicamente viáveis delineadas para os componentes da captação de água bruta, tratamento, adução, armazenamento e distribuição de água potável.

3.3.1. Captação

A fonte de captação de água será superficial e será feita no rio Munhinga.

Depois da recolha de dados relevantes da fonte, nomeadamente Séries de Dados Hidrológicos do Rio Munhinga e de outros rios nas proximidades adjacentes da região do estudo, foi elaborado um Estudo hidrológico no qual se depreende que o caudal médio mensal do rio Munhinga é de cerca de $7,5\text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde à $648000\text{ m}^3/\text{dia}$. A análise dos parâmetros hidrológicos da bacia do Rio Munhinga mostram que é possível com uma fiabilidade de mais de 95% ter um caudal mínimo no rio de cerca de $1,8\text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde à $155\,520\text{ m}^3/\text{dia}$ bastante superior em relação a demanda média máxima ($333.69\text{ m}^3/\text{h}$ ou $8\,008.56\text{ m}^3/\text{dia}$) no ano de 2039 (TÉCNICA, 2019).

O local projectado para a construção da estação de captação e de infra-estrutura de apoio, apresenta boas características em termos topográficos incluindo de facilidade de acesso, o que irá contribuir na facilidade de construção e operação dos órgãos constituintes da Estação de Captação.



Figura 9. Localização geográfica da estação de captação projectada. Fonte: TÉCNICA (2019).



Figura 10. Imagem da fonte de captação (rio Munhinga). Fonte: Autor (2021).

3.3.2. Estação de Tratamento

A ETA em construção terá uma capacidade de cerca de $89.57 \text{ m}^3/\text{h}$ a $137 \text{ m}^3/\text{h}$ para curto (2019) e médio (2029) prazo respectivamente e cerca de $205.89 \text{ m}^3/\text{h}$ para o ano horizonte (2039).

Em termos de infra-estruturas, a ETA em construção contará com os seguintes órgãos do sistema:

- ✓ Flonculador em betão armado;
- ✓ Um decantador em betão armado (2019);
- ✓ O segundo decantador em betão armado para o ano de (2039);
- ✓ Alpendre a ETA;
- ✓ Depósito de água tratada em betão armado – 250 m³ (2019);
- ✓ Segundo depósito de água tratada em betão armado – 250 m³ (2039);
- ✓ Estação elevatória e armazém;
- ✓ Guarita;
- ✓ Edifício operador;
- ✓ Barragens ou lagoa de estabilização de lamas;
- ✓ Muro de contenção de terras e muro de vedação.



Figura 11. Imagem do recinto a ser implantada a ETA. Fonte: Autor (2021).



Figura 12. Mapa de Localização da Estação de Tratamento de Água (ETA), acerca de 300m da toma de água projectada. Fonte: TÉCNICA (2019).

3.3.3. Centros Distribuidores (CD)

CD 1

Em termos de infra-estruturas, o centro distribuidor existente conta com os seguintes órgãos do sistema:

- ✓ Um reservatório semi-enterrado com capacidade de 300 m³ e um reservatório elevado com capacidade de 100 m³ para a fase inicial (2019);



Figura 13. Imagem do recinto do CDI (existente). Fonte: Autor (2021).

CD 2

Em termos de infra-estruturas, o novo centro distribuidor em construção contará com os seguintes órgãos do sistema:

- ✓ Um reservatório semi-enterrado com capacidade de 250 m³ e um reservatório elevado com capacidade de 100 m³ para a fase inicial (2019);
- ✓ Para o horizonte no ano de (2029) irá se fazer a construção de mais um reservatório semi-enterrado com capacidade de 250 m³ e um reservatório elevado com capacidade de 100 m³ para a fase inicial totalizando dois de cada reservatório;
- ✓ Casa de bombas, incluindo os equipamentos electromecânicos e instalações complementares;
- ✓ Edifícios de apoio (guarita, armazém), escritório ou gestão;
- ✓ Vedação de todo o perímetro do CD;
- ✓ Instalações complementares da parte hidráulica;



Figura 14. Imagem do recinto do CDI. Fonte: Autor (2021).

3.3.4. Rede de Distribuição

No âmbito deste projecto está projectada a implantação de uma rede de distribuição com extensão de cerca de 50 a 100 Km, constituída por tubagem materializada em HDPE com diâmetros que variam de 63mm a 315mm.

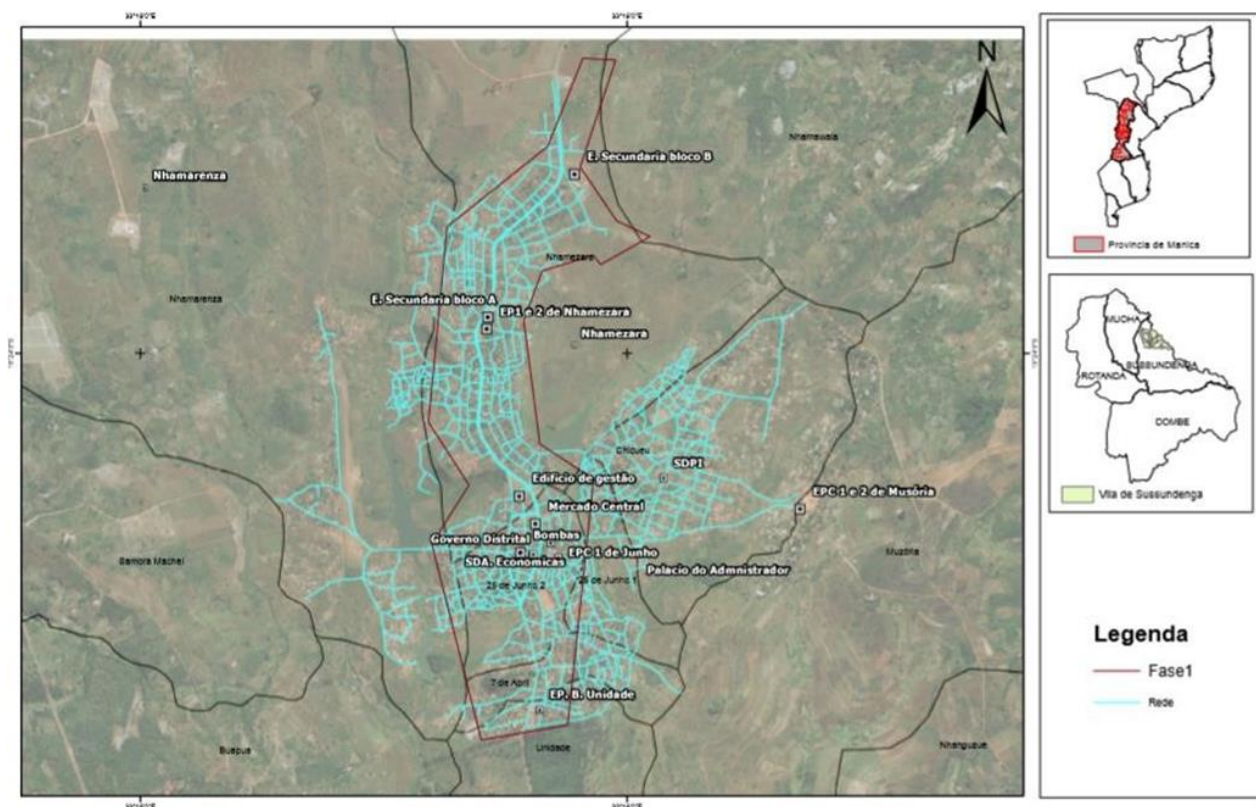


Figura 15. Traçado da rede de distribuição de água nos 12 bairros abrangidos pelo projecto, desde curto-médio (2019-2029) e longo prazo (2039). Fonte: TÉCNICA (2019).

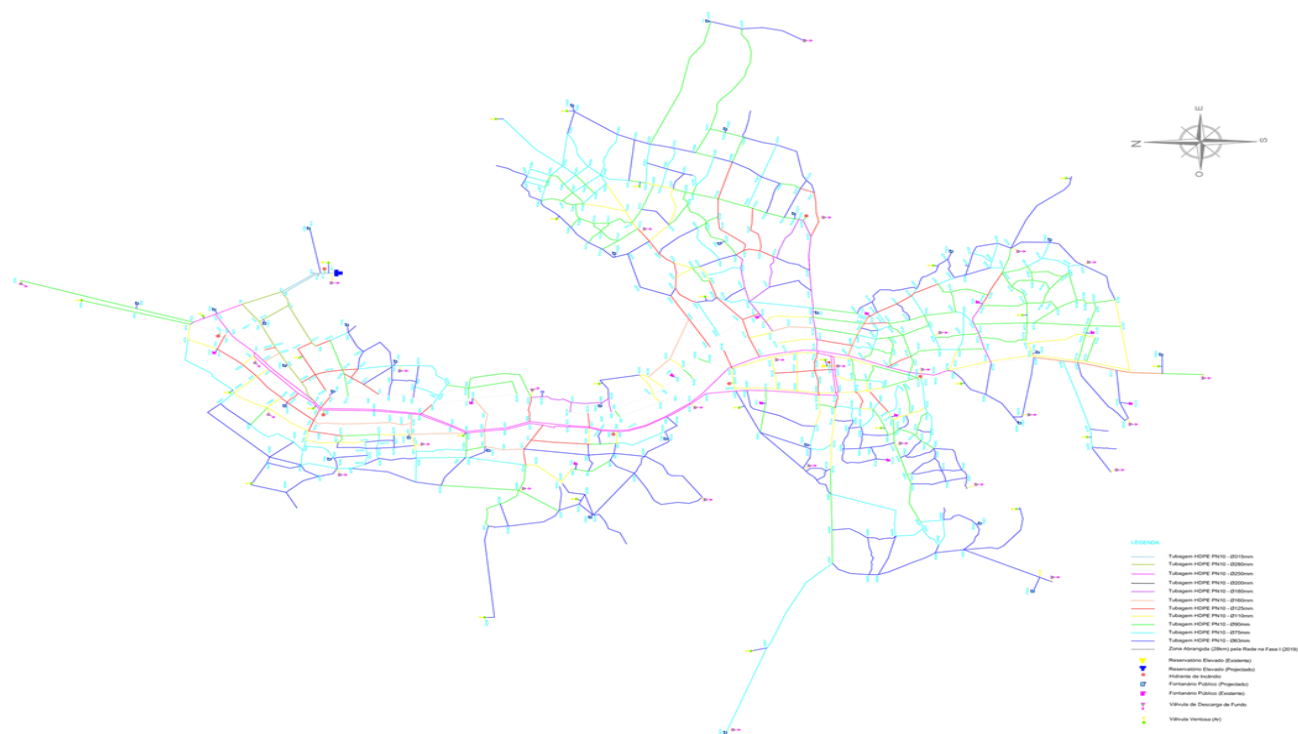


Figura 16. Rede de Distribuição projectada (2029-2039). Fonte: TECNICA (2019).



Figura 17. Implantação da rede de distribuição da primeira fase (2019-2029). Fonte: Autor (2021).

4. CAPÍTULO IV: METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos que foram usados para a realização da pesquisa, nomeadamente: abordagem metodológica, amostragem, técnicas de recolha e análise dados e por fim, são apresentadas as questões éticas.

4.1. Abordagem metodológica

Para a efectivação do estudo, optou-se pela abordagem quantitativa. Segundo (GIL, 2008), a abordagem quantitativa está mais preocupada com a generalização, relacionada com o aspecto da objectividade passível de ser mensurável, permitindo uma ideia de racionalidade, como sinónimo de quantificação. Em outras palavras, este tipo de abordagem se define pela ideia de rigor, precisão e objectividade.

Quanto a natureza, a pesquisa é de carácter teórico-empírico, pois, além da utilização de dados secundários baseada na pesquisa bibliográfica e nas informações captadas da experiência do pesquisador, também, baseou-se em dados primários (pesquisa de campo), com base nos órgãos sensoriais, permitindo maior familiaridade com o tema em estudo e credibilidade no acto da recolha de dados.

4.2. Amostragem

Esta pesquisa teve como base a técnica de amostragem por conveniência que, segundo (MUTIMUCUIO, 2008), tem em vista obter respostas de pessoas que estão disponíveis e dispostas a participar do processo de recolha de dados, pessoas estas que convivem directamente com a situação estudada.

4.3. Técnicas de recolha de dados

As técnicas de colecta de dados são um conjunto de regras ou processos utilizados por uma ciência, ou seja, corresponde à parte prática da colecta de dados (MARCONI, et al., 2008). A presente pesquisa baseou-se na seguinte técnica para a recolha de dados: Observação directa assistemática.

➤ Observação directa assistemática

Segundo (DE OLIVEIRA, 2011) a observação directa assistemática aplica-se atentamente os sentidos físicos a um amplo objecto, para dele adquirir um conhecimento claro e preciso, sendo

importante no estudo da realidade e de suas leis, pois, sem ela, o estudo seria reduzido à simples conjectura e simples adivinhação. Na mesma linha do pensamento, o autor afirma que a observação assistemática é o meio em que o pesquisador procura recolher e registar os factos da realidade sem a utilização de meios técnicos especiais, ou seja, sem planeamento ou controle.

Portanto, o que caracteriza a observação assistemática é o facto de o conhecimento ser obtido por meio de uma experiência casual, sem que se tenha planeado quais variáveis seriam importantes para a pesquisa e quais meios deveriam ser utilizados para estudá-la. Essa técnica foi usada para obter informações referentes as zonas mais afectadas, para perceber como é feita a gestão de resíduos sólidos, o tratamento da água estagnada, e as estratégias usados para evitar que a água fique parada durante muito tempo.

Além da recolha de dados por observação directa assistemática, para o mapeamento da rede actual e futura foram utilizados mapas disponibilizados pela TÉCNICA Engenheiros Consultores, Lda. O arquivo, executado em programas AutoCAD® e EPANET 2.0, possui todos os pontos de arruamento e os pontos de consumo. Segundo (FRAPORTI, 2020) este software é um programa desenvolvido pela empresa Autodesk amplamente utilizado para a execução de mapas topográficos planialtimétricos. Os dados de diâmetros, cotas e caudas já foi disponibilizado na rede fornecida em formato “NET” de EPANET.

Para o cálculo dos caudais de consumo na vila e projecção populacional os dados foram obtidos através dos resultados do CENSO de 2017.

4.4. Técnicas de análise de dados

De acordo com (CRESWELL, 2007) afirma que a análise dos conteúdos é um processo constante que faz com que o pesquisador reflecta continuamente sobre os dados colectados, dando-lhes um carácter emergente e indutivo, com objectivo de organizar e sumarizar os dados de maneira a possibilitar o fornecimento de respostas ao problema proposto. Para a analisar os dados, foi usada a técnica de análise de conteúdo de (BARDIN, 2011), uma técnica de análise das comunicações que analisa o que foi dito nas entrevistas ou observado pelo pesquisador (FOSSA, et al., 2015).

Já para (BARDIN, 2011), a análise do conteúdo pode ser agrupada em três (3) aspectos essenciais:

- Selecção da informação recolhida através da entrevista e observação, visto que nem toda informação recolhida foi importante para a realização do trabalho.
- Agrupamento das respostas dadas a cada pergunta da entrevista em função dos objectivos da pesquisa; neste ponto fez-se a análise profunda da informação recolhida.
- Selecção em termos de semelhança das respostas fornecidas pelos entrevistados. Neste aspecto, foi feita a consolidação de toda informação recolhida tendo em conta a sua semelhança e os objectivos da pesquisa.

Após a captação de informações por observação, fez-se primeiramente a verificação dos dados. Esta consistiu em analisar a realidade observada no campo pelo pesquisador.

4.5. Questões éticas

As questões éticas devem ser consideradas em todas as fases de uma investigação, desde a escolha do tema e a definição das questões de pesquisa, passando pela selecção dos participantes, até ao modo de acesso ao terreno, à forma de recolha dos dados, aos procedimentos de análise adoptados, à redacção do texto e à própria publicação do resultado.

O consentimento informado foi uma questão cuja observância consistiu na transmissão de toda informação relevante referente ao estudo, permitindo que o entrevistado pudesse conhecer o estudo em realização e decidir sobre a sua participação. Desta forma, informou-se sobre o tema de estudo, no âmbito de sua realização, seus objectivos, sua finalidade, sua liberdade de não aceitar fazer parte do estudo, abertura para que pudesse fazer qualquer pergunta que considerasse pertinente e a possibilidade que tinha de desistir ao longo da sua participação, caso achasse conveniente esta informação foi verbalmente transmitida, mesmo porque os entrevistados disseram não haver necessidade de apresentar um documento escrito.

O anonimato foi observado por meio da não identificação dos entrevistados com base nos seus nomes, sejam estes reais ou fictícios, pelo que, ao longo do registo das entrevistas e análise e interpretação dos dados, limitamos a distinguir entre os moradores e técnicos enumerando os depoimentos que apresentamos.

A confidencialidade foi uma questão que se observou por meio da restrição do acesso aos dados recolhidos, analisados e interpretados. O trabalho foi conduzido por um único investigador (estudante-autor), tendo sido este o responsável pela transcrição dos seus conteúdos e pela sua

análise e interpretação. Desta forma, conservou-se a informação no âmbito da realização da projecto de monografia e no campo científico.

5. CAPÍTULO V: ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Nesta secção são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos sobre a rede de água estudada, mostrando como foi realizada a simulação e fazendo um diagnóstico da situação actual da rede, para na sequência indicar possíveis soluções para optimização do sistema.

5.1. Análise da Rede Existente

Na vila existe um sistema de abastecimento de água embora deficiente, a capacidade do fornecimento de água potável a partir do actual SAA é bastante limitada e com intermitências diárias fornecendo água apenas em dois períodos do dia e a cada dois dias. Assim, o acesso á água da maior parte da população dos arredores da Vila para consumo humano é assegurado por fontes alternativas dispersas nomeadamente furos equipados com bombas manuais e poços tradicionais. Nas zonas baixas as comunidades recorrem aos rios e/ou lagos para busca de água para uso doméstico e lavagem da roupa.

O PSAA é abastecido por um reservatório elevado com capacidade de 100 m³.

No centro distribuidor para além do reservatório elevado existe la também um reservatório semi-enterrado de capacidade de 300 m³ e o material da tubagem da rede de distribuição é de PVC de rugosidade 140.

5.2. Análise da Rede de Distribuição Implantada

Além da rede a ser implantada no ano de início de exploração a entidade pela projecção forneceu também a rede projectada para a implantação na segunda fase do projecto que terá início no ano de 2029 com horizonte de projecto de mais 10 anos a partir do ano da implantação da segunda fase.

Abaixo temos a rede projectada para a segunda fase do projecto (2029 - 2039)

A rede abaixo está prevista para a implantação no ano de 2029 partindo da expansão da rede a ser implanta no ano de início de exploração.

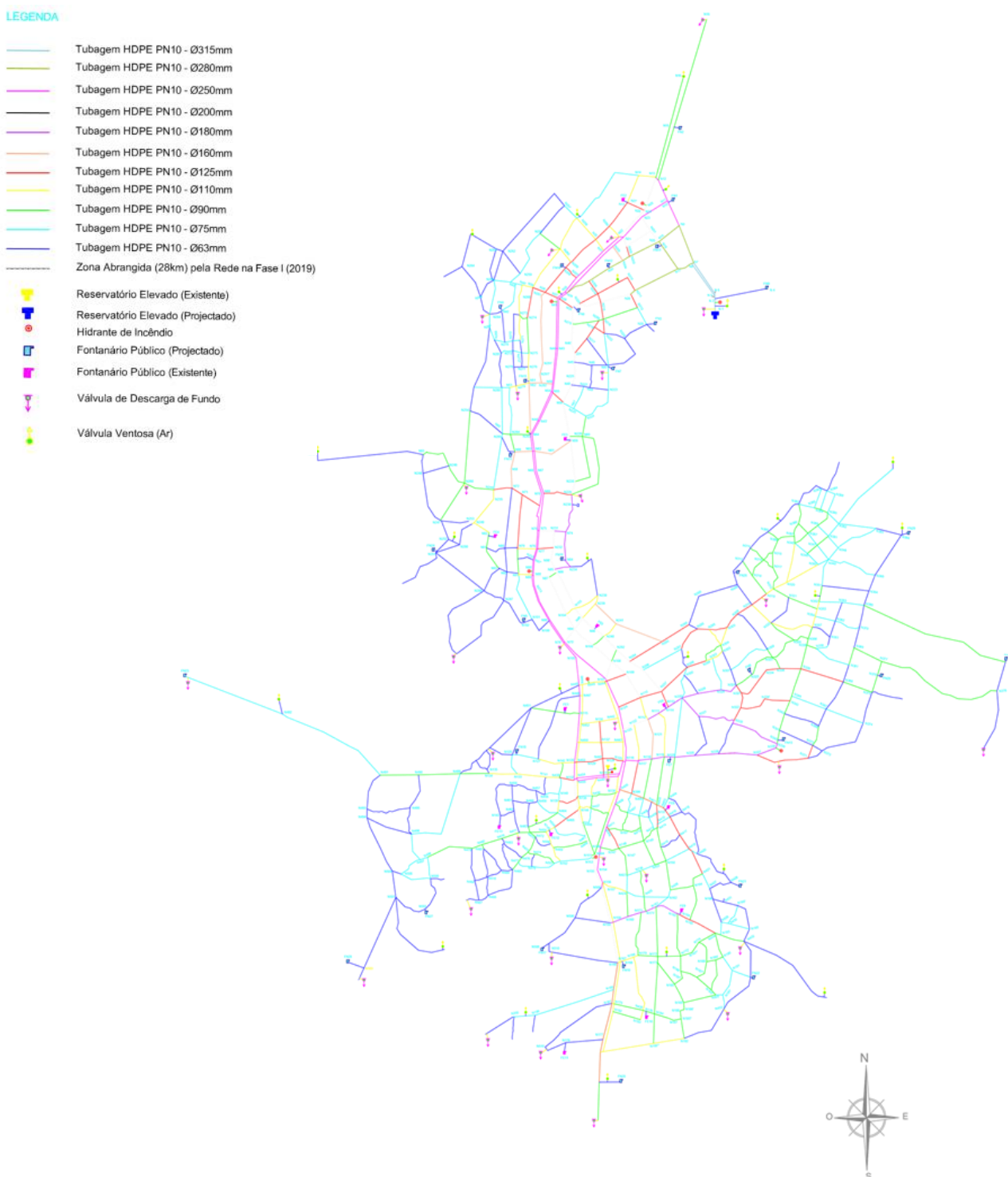


Figura 18. Rede de Distribuição projectada na segunda fase (2029-2039). Fonte: TECNICA (2019).

A rede a ser implantada para a primeira fase apresenta 315 nós e igual número de trechos.

No projecto aprovado os diâmetros das tubagens da rede de distribuição varia de 63 a 315 mm. Após ser aprovado o projecto tem vindo a sofrer algumas alterações a quando da implantação no terreno alterações tais como a disposição da rede em alguns pontos porque após o levantamento de dados e mapeamento da vila foram surgindo algumas habitações que não estavam previstas no mapeamento. A outra alteração é a de alguns diâmetros de tubagens por motivos técnicos, as mudanças feitas estão alistadas na tabela abaixo.

Os diâmetros cujas as tabelas estão destacadas são os que sofreram alterações passando do diâmetro projectado para o que está a ser implantado no terreno.

Tabela de diâmetros projectados e a serem implantados.

Diâmetro do Projecto (mm)	315	280	250	200	180	160	125	110	90	75	63
Diâmetro do Terreno (mm)	315	250	250	200	160	160	110	110	90	75	63

Tabela 2. Comparação dos valores dos diâmetros projectados com os alterados na execução. Fonte: Autor (2022)

A seguir está apresentada a rede com os diâmetros que constam no projecto antes da alteração no campo.

Projectado para a primeira fase (2019 - 2029)

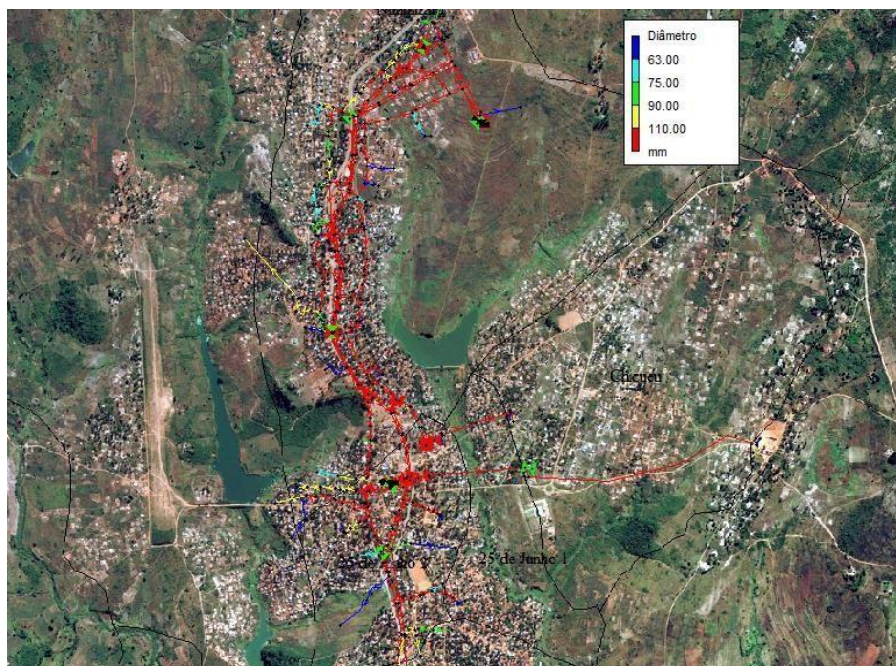


Figura 19. Rede de Adução e Distribuição projectada na primeira fase (2019-2029). Fonte: TECNICA (2019).

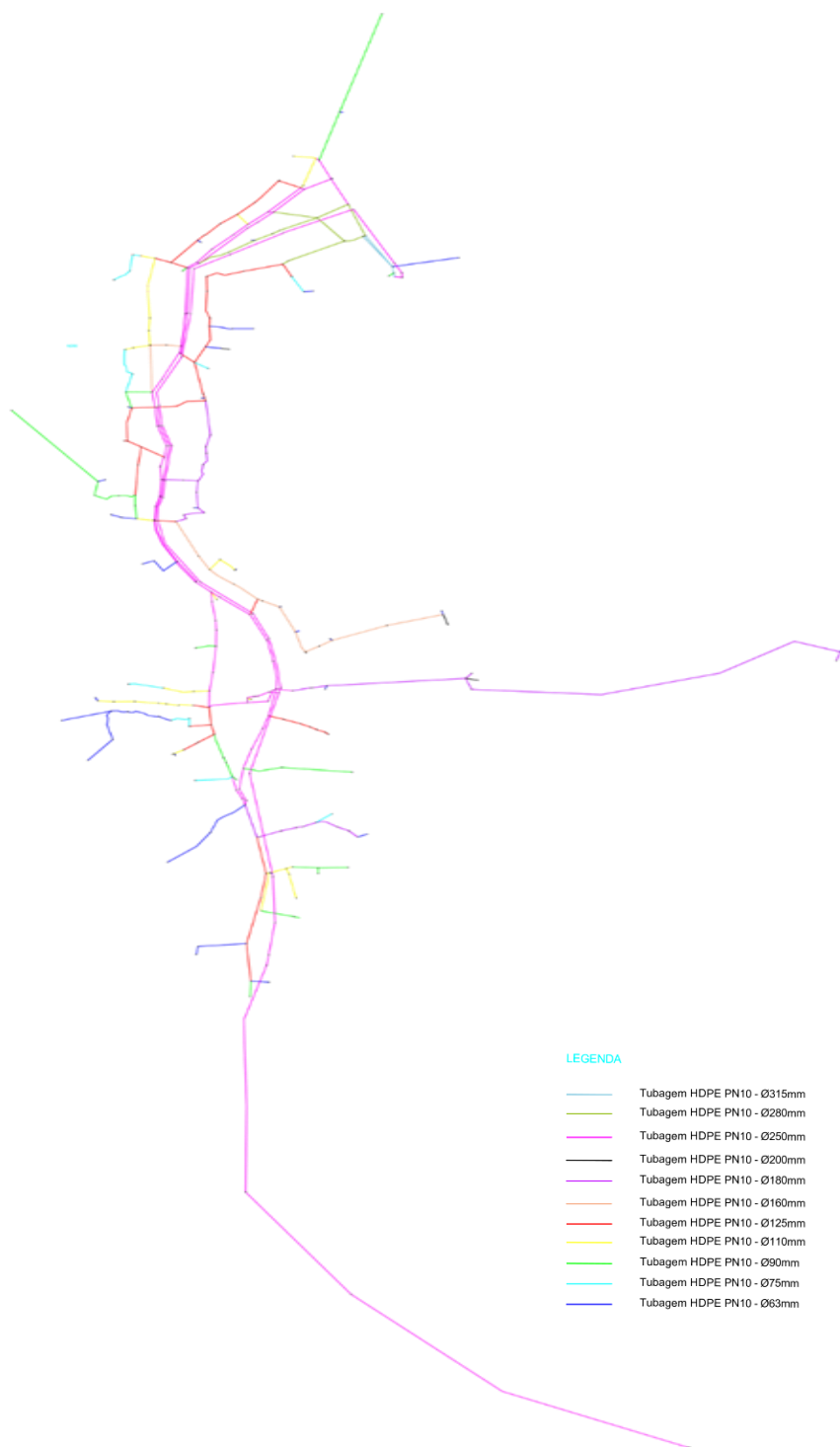


Figura 20. Rede de Adução e Distribuição projectada na primeira fase (2019-2029). Fonte: TECNICA (2019) ajustado pelo Autor (2022).

Para melhor visualização apresenta-se a seguir a rede em duas partes, tendo se feito o corte para melhor ampliação e ajuste do tamanho na folha.

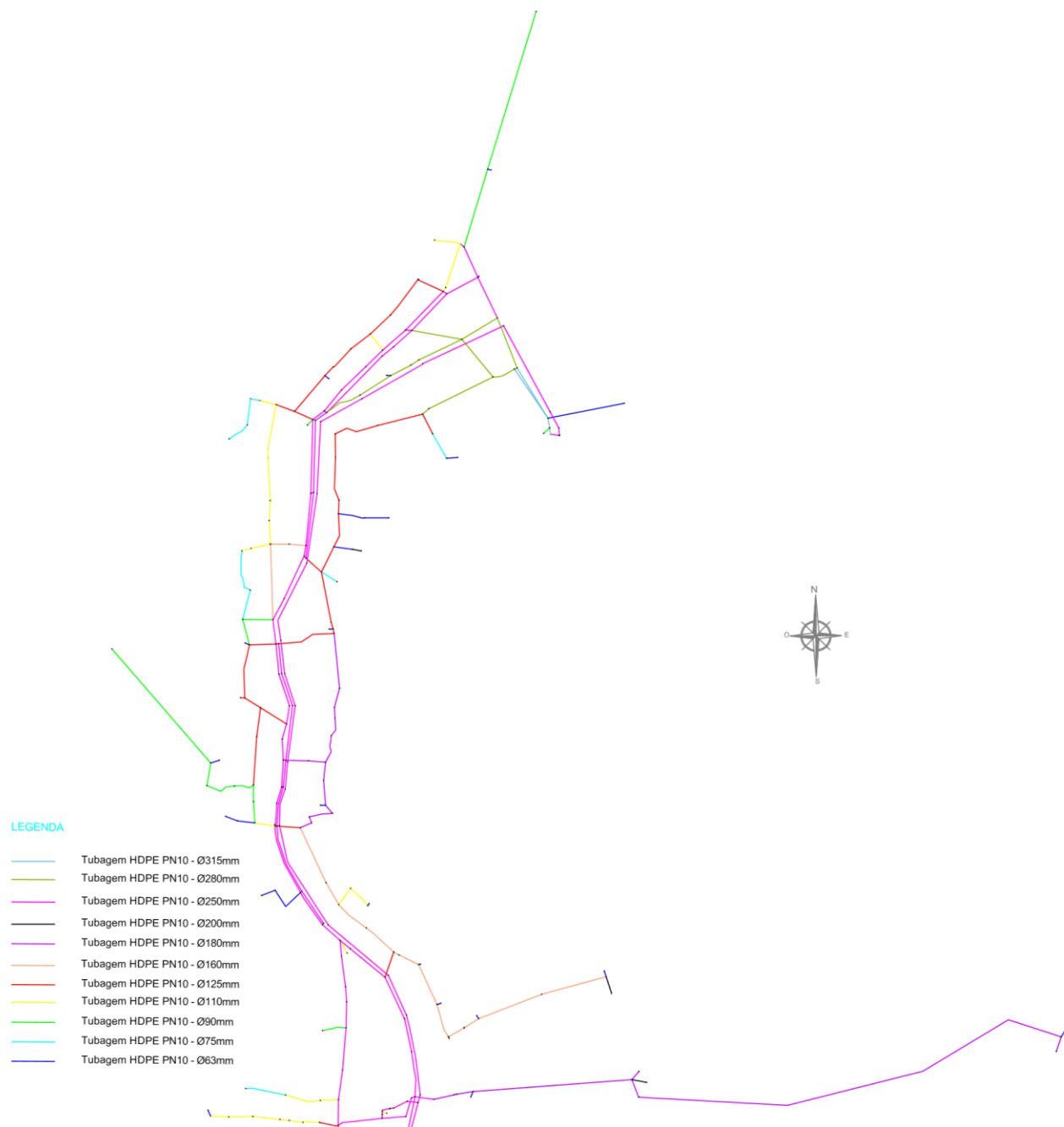


Figura 21. Parte 1 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2029) prazo. Fonte: TECNICA (2019).

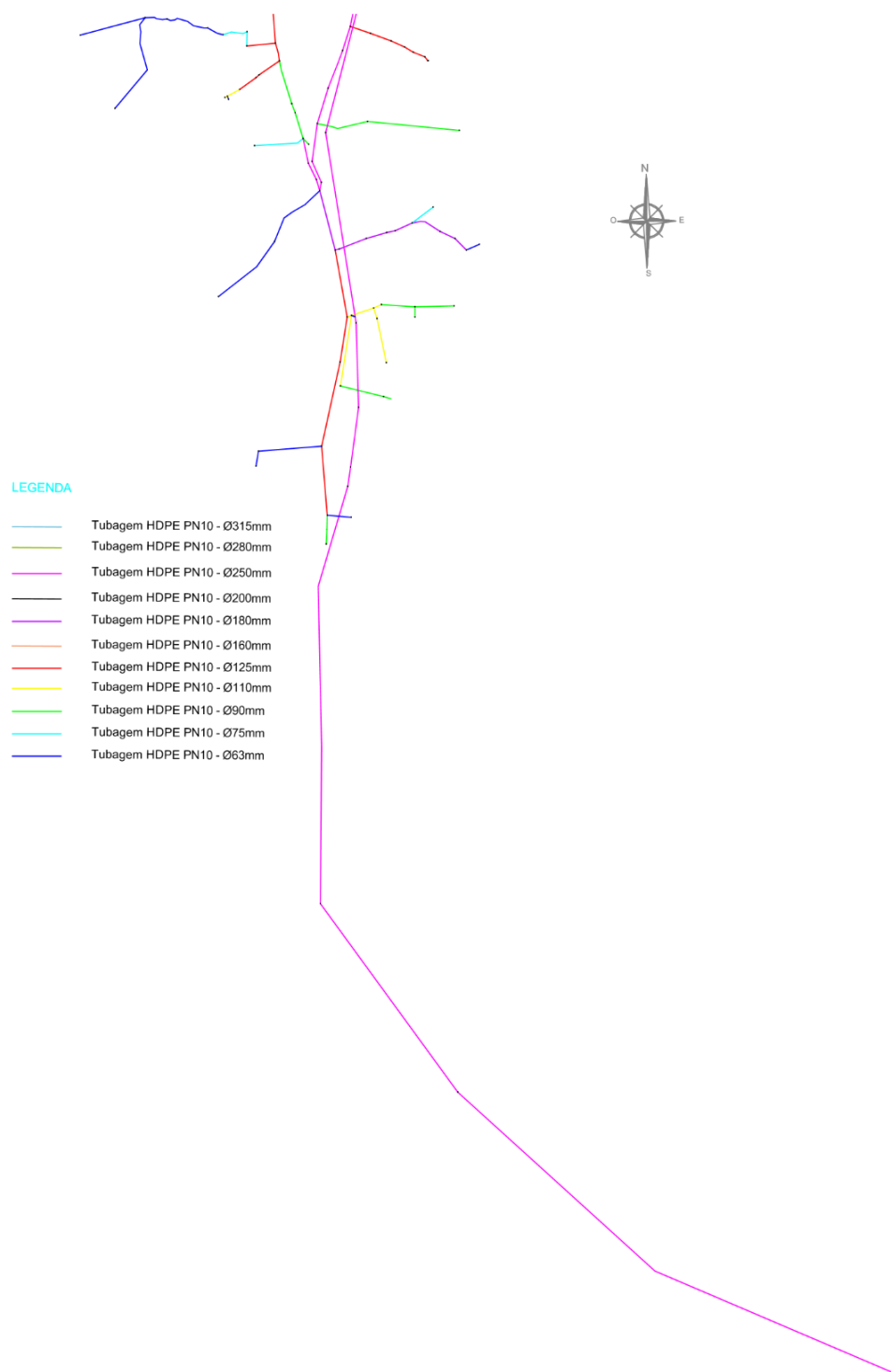


Figura 22. Parte 2 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2019) prazo.
Fonte: TECNICA (2019).

5.2.1. Mapeamento da rede de distribuição de água do SAA implantada na Vila Municipal de Sussundenga no seu estado actual dos anos de início de exploração

Tendo em conta a rede fornecida pela entidade responsável pela projecção do SAA, foi possível voltar a simular a rede através do software Epanet para fazer a análise do funcionamento do projecto no ano de início de exploração do sistema.

Após a alteração de alguns diâmetros projectados houve necessidade de se fazer uma análise para estudar a viabilidade do que se encontra no campo, com essa necessidade apresenta-se a seguir a rede com os diâmetros alterados a serem usados em campo e a respectiva simulação pelo software.

A baixo a rede a ser implantada no ano de início de exploração (2019 – 2029)

A rede apresentada abaixo é a rede com as alterações dos diâmetros feitas em campo com base na rede anterior projectada na figura 20.

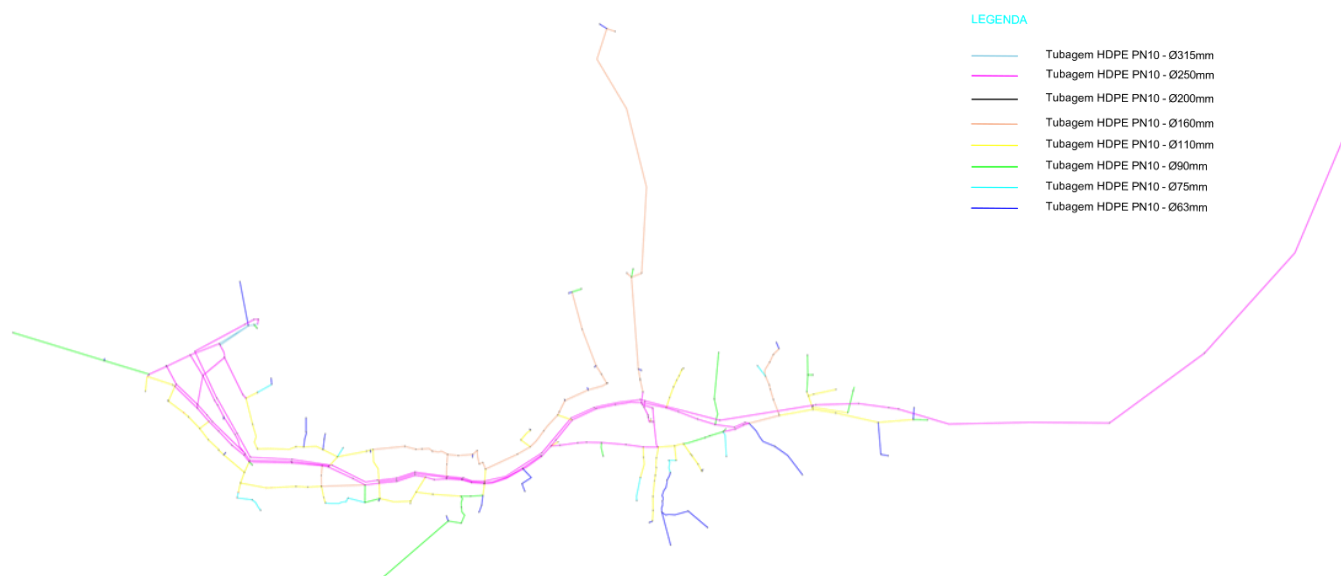


Figura 23. Rede de Adução e Distribuição a ser implantada na primeira fase (2019-2029). Fonte: Autor (2022).

Para melhor visualização foi usado o mesmo método de apresentação, a seguir a rede em duas partes, tendo se feito o corte para melhor ampliação e ajuste do tamanho na folha.

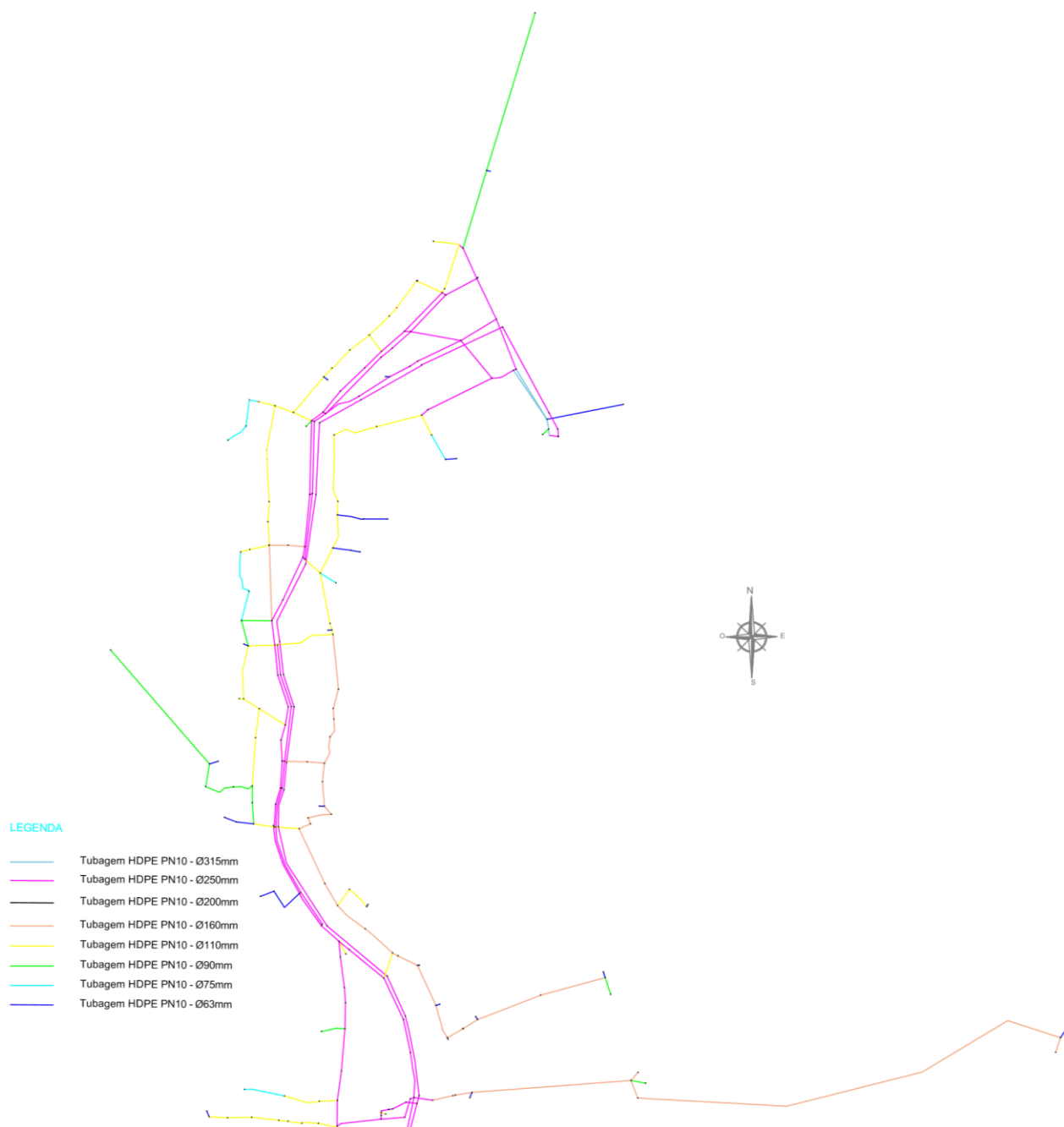


Figura 24. Parte 1 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2029) prazo. Fonte: Autor (2022).

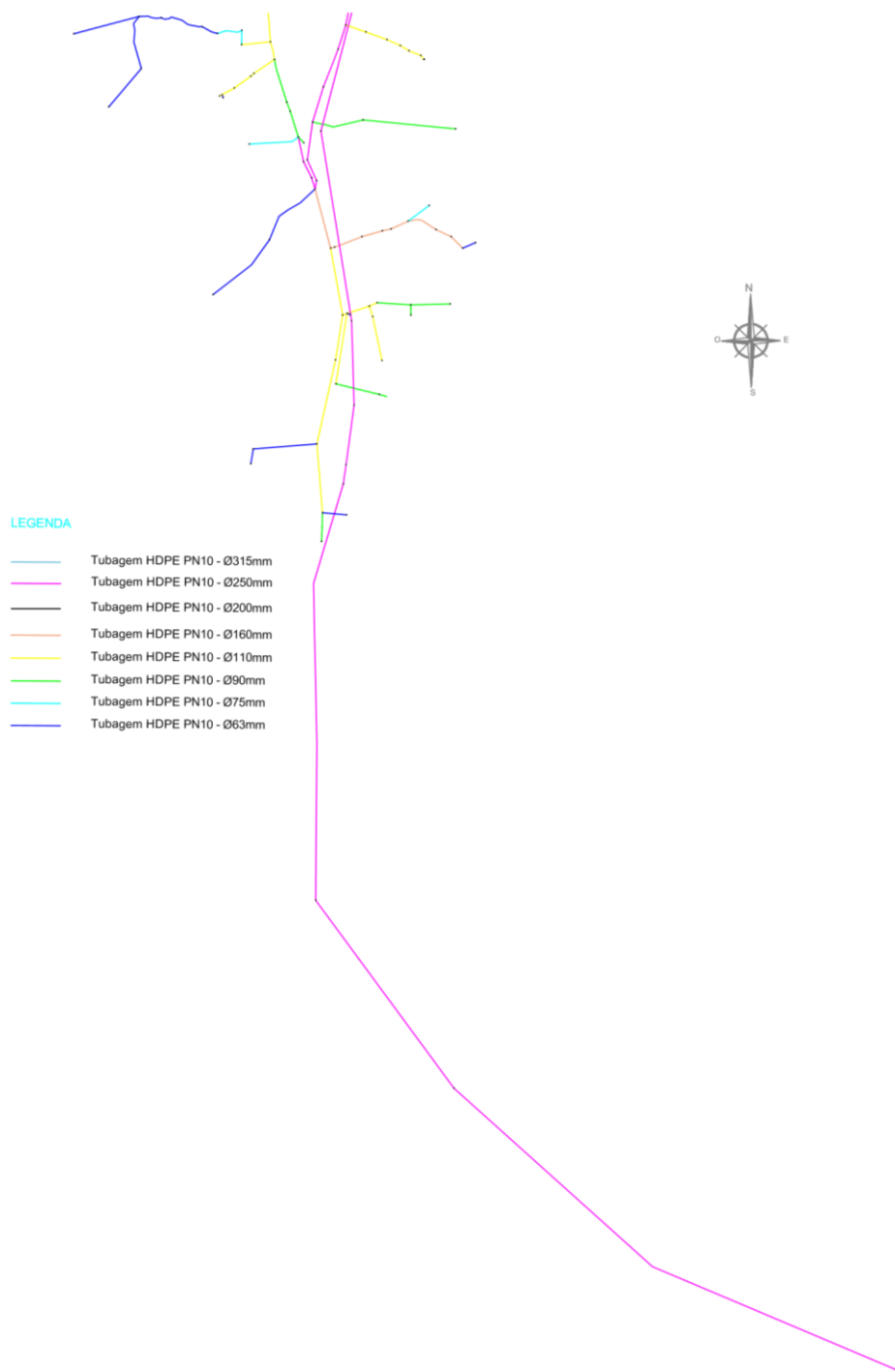


Figura 25. Parte 2 do Mapa da rede de distribuição de água nos 8 bairros abrangidos pelo projecto, no curto (2019) prazo. Fonte: Autor (2022).

Abaixo está representada resumidamente a planimetria da zona a ser implantada a rede na primeira fase (2019-2029)

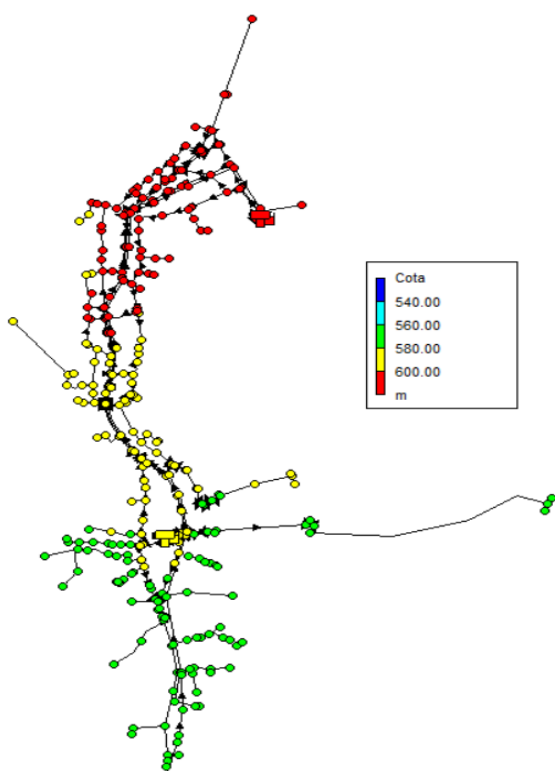


Figura 26. Planimetria da rede de distribuição. Fonte: Autor (2022)

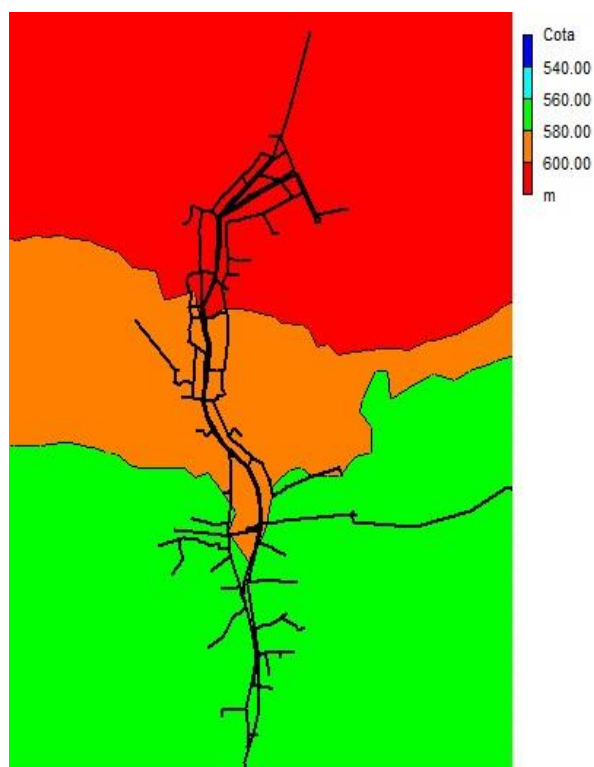


Figura 27. Planimetria da rede de distribuição. Fonte: TECNICA (2019)

5.2.2. Modelagem e simulação hidráulica no EPANET 2.0

Na simulação hidráulica realizada para as duas redes no ano de início de exploração, foram inseridas as redes no EPANET 2.0 recorrendo a fórmula de Hazem-Williams, as informações de diâmetros das tubagens, coeficiente de rugosidade de 150 para HDPE, comprimento dos trechos, consumo nos nós, cotas do terreno e altura da água nos reservatórios e na fonte de captação. Os resultados estão apresentados resumidamente sob forma de figuras abaixo, os resultados completos encontram-se nos **Apêndices A e B**.

Visto que a rede já existe e o objectivo da pesquisa é fazer uma análise após a alteração dos diâmetros, foi necessário apenas simular a rede fornecida já em formato “NET.” Com os dados já inseridos pela entidade projectista, e pegar na mesma rede e fazer a alteração dos diâmetros e voltar a fazer a simulação.

Não havendo necessidade de fazer o levantamento topográfico, cálculo da população, diâmetros e caudais, devido a existência desses dados já calculados pela entidade projetista passou-se já a seguir para a simulação onde obteve-se os resultados das pressões e velocidades na rede.

5.2.3. Comparação e verificação da eficiência de velocidades e pressões dada a alteração dos diâmetros

Abaixo estão os resultados da simulação hidráulica pelo software Epanet, poderemos achar nas figuras a variação das pressões e velocidades na rede projectada para a primeira fase.

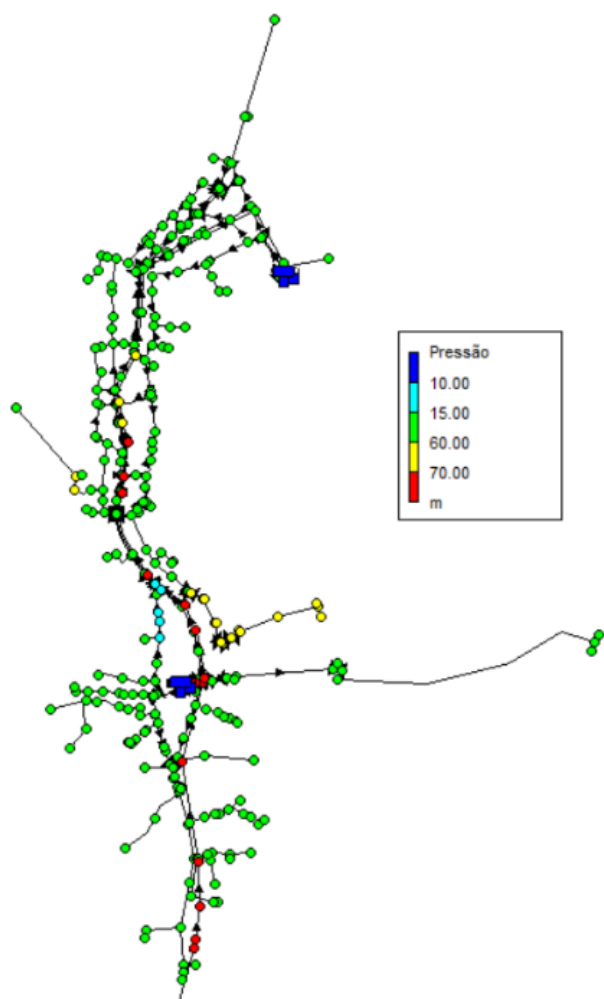


Figura 28. Simulação das pressões na rede Projectada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).

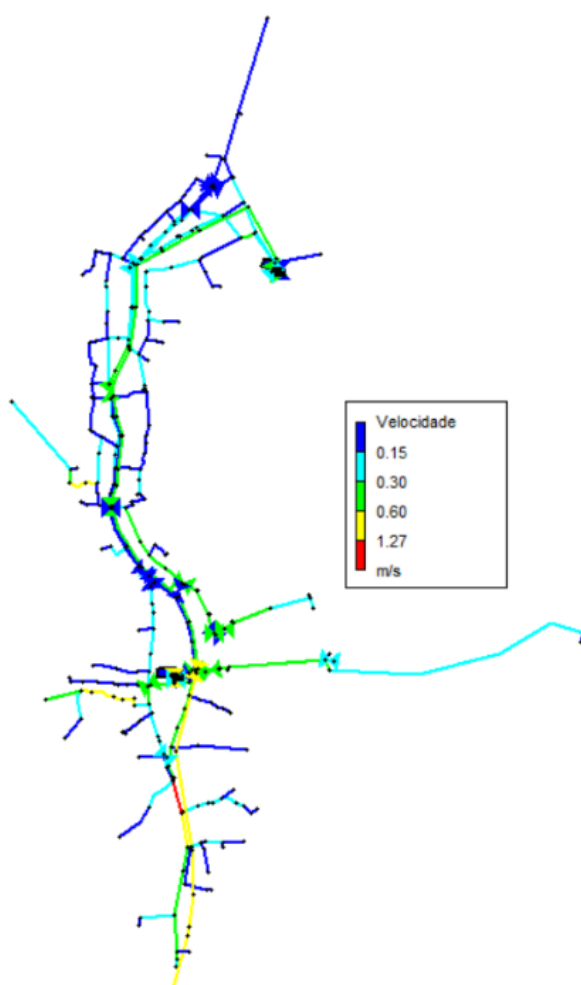


Figura 29. Simulação das velocidades na rede Projectada através software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).

Abaixo estão os resultados da simulação hidráulica pelo software Epanet, as figuras apresentam a variação das pressões e velocidades na rede a ser implantada na primeira fase.

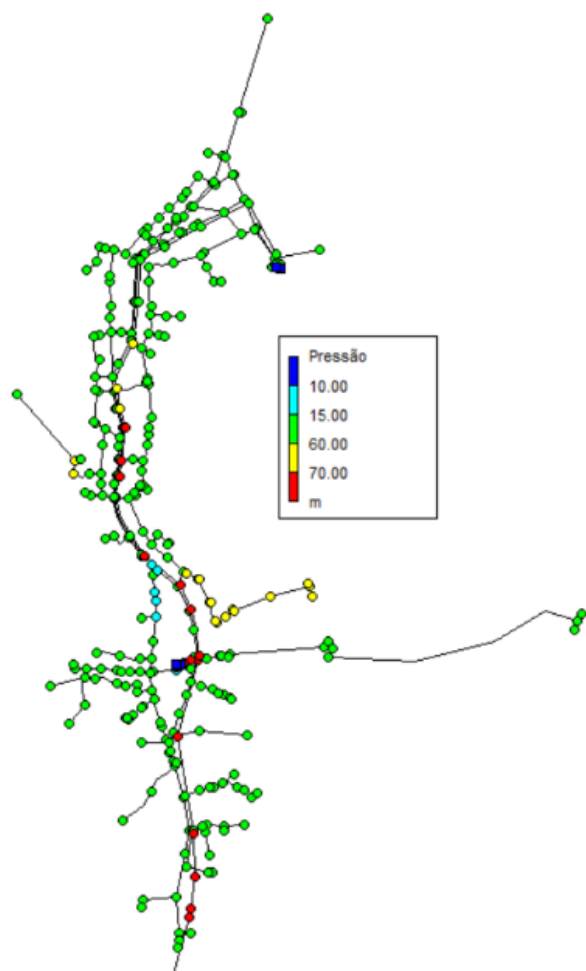


Figura 30. Simulação das pressões na rede a ser implantada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).

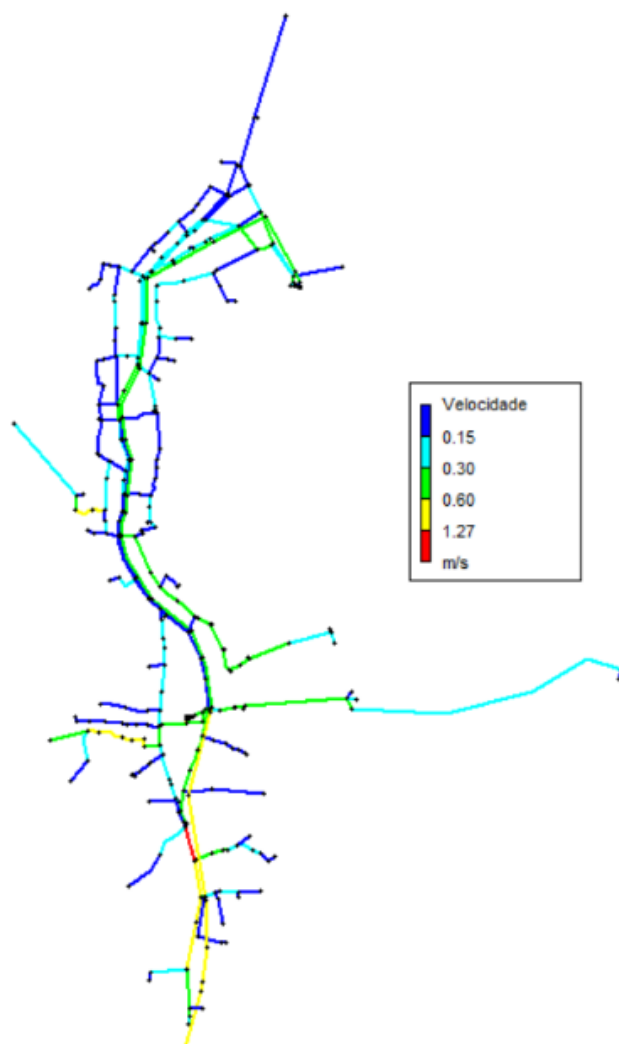


Figura 31. Simulação das velocidades na rede a ser implantada através do software Epanet 2.0. Fonte: Autor (2022).

Através dos mapas resumo da simulação fez-se uma pré-análise e constatou-se que mesmo após a alteração de alguns diâmetros.

Tendo o resultado das simulações nos dois cenários, pode se constatar que nos valores das pressões e velocidades não houveram mudanças significativas, permanecendo quase os mesmos resultados.

Analisado a simulação o gráfico de pressões na rede pode se constatar que a maioria dos “nós” apresentam pressões que estão dentro dos parâmetros estabelecidos pelo regulamento,

parâmetros esses de pressão máxima e mínima admissível respectivamente de 60 m.c.a e 15 m.c.a. em pontos onde a pressão excedeu serão montadas VRP's.

Quanto as velocidades, constatou-se que para a primeira fase são muito baixas, na maioria dos pontos da rede de distribuição não atingindo a velocidade mínima recomendada pelo regulamento de 0.30 m/s.

Segundo o decreto (RSPDADAR, 2003) a velocidade de escoamento para caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0.30 m/s por razões sanitárias e nas condutas onde não seja possível verificar este limite devem prever-se dispositivos adequados para descarga periódica e postos de cloragem suplementares.

Quanto às velocidades menores que 0,3 m/s, estas estão relacionadas ao baixo nível de consumo nos primeiros anos de exploração sendo que a demanda é maior em relação a procura, no decorrer da rede, visto que os diâmetros das condutas foram dimensionados tendo em conta a futura expansão futura da segunda fase do projecto. O sistema está a ser implantado tendo em conta uma futura expansão da rede e os diâmetros das tubagens e caudal a ser fornecido são muito maiores em relação a o que podia ser implantado se não tivesse em vista a futura expansão

Apesar de não se adequarem a norma, Tsutiya (2006) afirma que velocidades menores favorecem a durabilidade das condutas devido ao baixo atrito e minimizam os efeitos das variações de pressões, porém podem facilitar o acúmulo de elementos presentes na água podendo ocasionar deterioração da qualidade da água e interrupção do abastecimento.

5.2.4. Estratégias de intervenção para optimização do funcionamento hidráulico da rede de distribuição

Mesmo que os problemas encontrados não se mostram prejudiciais ao SAA actualmente em razão do baixo consumo, o crescimento populacional ou a instalação de indústrias poderá potencializá-los futuramente. Como já mencionado, pressões e velocidades fora do estabelecido pela norma podem acarretar em alterações na qualidade da água e interrupção do abastecimento. Devido a estas questões, propõe-se alternativas visando a melhoria destes problemas.

Por parte do projectista uma das alternativas usadas para poder resolver o problema das pressões elevadas foi a instalação de dispositivos redutores de pressão do tipo VRP.

Quanto a velocidade nenhuma alternativa foi tomada para a resolução desse aspecto no projecto.

- ✓ Contudo a alternativa adoptada para evitar o acúmulo de sedimentos nas tubagens e evitar a deteriorização do fluido devido a baixa velocidade, e que possam causar futuras interrupções no abastecimento, visto que a rede não sofrerá alteração num horizonte de projecto de 10 anos, pode se adpotar a instalação de válvulas de descarga de fundo na rede de distribuição, onde o fluido em repouso na rede devido ao baixo consumo da população na fase inicial da exploração do sistema possa ser descarregado periodicamente para a auto limpeza nestes postos e acréscimo de postos de cloragem suplementares na rede.

Os pontos propostos para as descargas de fundo estão indicados com setas de fundo branco e os pontos de cloragem adicionais estão indicados de triângulos de fundo azul na figura abaixo:

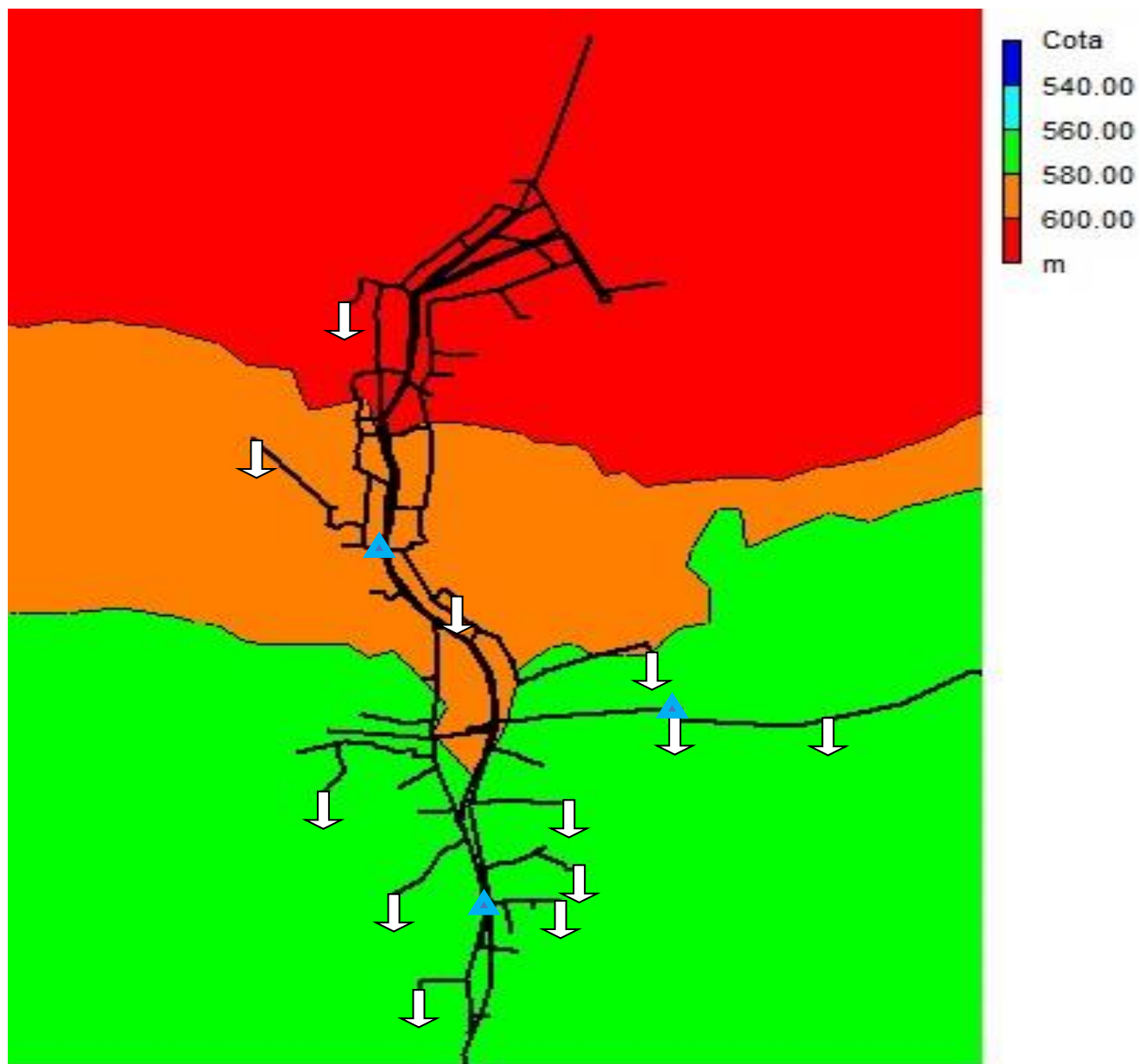


Figura 32. Pontos para descargas de fundo e pontos adicionais de cloração. Fonte: Autor (2022)

6. CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

6.1. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objectivo principal a análise do funcionamento hidráulico da rede de distribuição de água da Vila Municipal de Sussundenga, para que na sequência fossem propostas possíveis melhorias.

Com a rede disponibilizada pela entidade projectista, foi possível fazer o mapeamento, modelação e simulação hidráulica no ano de início de exploração conhecendo a sua extensão, trajecto, diâmetro e material, bem como a localização e as características do local de captação.

Após a simulação hidráulica, foi feita uma comparação e verificação da eficiência entre a rede projectada e a implantada após a alteração de alguns diâmetros, após análise foi possível constatar que não houve grande disparidade dos resultados de caudal, pressão, perda de carga e velocidade.

Após analisar os resultados das planilhas e simulações da rede actual, foi possível constatar pressões elevadas em alguns pontos e baixas velocidades de fluxo de água em quase todos os trechos da rede de distribuição, isso em todos os cenários de simulação. As pressões elevadas encontradas em alguns pontos o projectista solucionou colocando válvulas redutoras de pressão nesses pontos. As velocidades encontram-se muito abaixo do recomendado pelo regulamento vigente no País. A baixa velocidade deve-se ao facto do baixo nível de consumo nos primeiros anos de exploração do sistema, pois, o sistema está a ser implantado tendo em conta uma futura expansão da rede e os diâmetros das tubagens e caudal a ser fornecido são muito maiores em relação a o que podia ser implantado se não tivesse em vista a futura expansão.

Com esta análise, foram avaliadas propostas que poderiam auxiliar nas possíveis melhorias do sistema. Devido a construção dos reservatórios nos centros distribuidores já terminadas e o lançamento da rede em mais de 80% no terreno não haviam possibilidades de soluções como alteração da cota do reservatório ou redução de diâmetros de tubagens. Foram propostas as seguintes recomendações:

- ✓ A instalação de pontos de descarga de fundo

Em todos os extremos de jusante da rede, em todos os pontos baixos das condutas e em pontos intermédios de condutas com o mesmo sentido de inclinação, em comprimentos considerados relativamente elevados nas redes extensas de modo a minimizar o número de consumidores prejudicados por eventuais operações de esvaziamento;

- ✓ Acréscimo de postos de cloragem suplementares.

Para garantir a potabilidade da água nos pontos que irão sofrer por estagnação do fluido devido ao baixo consumo.

Os efluentes das descargas de fundo devem ser lançados em linhas de água naturais, colectores pluviais ou câmaras dotadas de sistema elevatório, minimizando-se os riscos de ordem sanitária.

Feita a análise não há grande disparidade dos resultados da rede do projecto executivo com as alterações dos diâmetros feitas em campo, contudo nos dois cenários a funcionalidade hidráulica da rede de distribuição será influenciada pela existência de baixas velocidades.

6.2. RECOMENDAÇÃO

Para propor trabalhos futuros, o mapeamento, análise e dimensionamento de uma rede, deve ser executado em conformidade com todos os parâmetros estabelecidos no regulamento vigente no País.

É possível recomendar o foco em sistemas de abastecimento de água em zonas sub-urbanas e rurais do nosso País, visto que há pouco material de pesquisa sobre o assunto tanto em bibliotecas electrónicas como em físicas, e na maioria a concepção desses sistemas no nosso País foram concebidos no tempo colonial e a vida útil e/ou horizonte do projecto já está muito ultrapassado e com isso esses sistemas não são capazes de satisfazer positivamente a procura da água potável.

7. CAPÍTULO VII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. BIBLIOGRAFIA

Avila, Edneia de Cassia Gava. 2007. *Estudo da variação de Pressões em serviço em pontos da rede de abastecimento de água da cidade de Itatiba.* Itatiba : Trabalho de Monografia, 2007.

BARDIN, L. 2011. *Análise de Conteúdo.* São Paulo : Edições 70, 2011.

CARMO, Félix Júnior Justino do. 2009. *Vazamentos na rede de distribuição de água: impactos no faturamento e no consumo de energia elétrica do 3º setor de abastecimento de água da região metropolitana de Belém.* Belém : Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2009. pp. 33-52.

COELHO, A.C. 2001. *Manual de Economia de Água (Conservação de Água).* Recife - PE : Comunigraf Editora, 2001.

COELHO, S. T., LOUREIRO, D. e ALEGRE, H. 2006. *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água.* Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) : s.n., 2006.

CRESWELL, J. W. 2007. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativo e.* 2ªed. Porto Alegre : Artmed, 2007.

DE OLIVEIRA, M. F. 2011. *Metodologia científica: um manual para a realização de.* s.l. : Catalão-go, 2011.

DOS SANTOS, E. R. B. 2018. *ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO CAMPUS CRUZ DAS ALMAS (UFRB) .* CRUZ DAS ALMAS : UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA , 2018.

FERNANDES, N. e MARQUES, G. 2011. *Integration of GIS and hydraulic modeling to evaluate the cost of ecological stream flow recovery in Irapé Dam, Brazil.* Brasil : World Environmental and Water Resources Congress, 2011.

FOSSA, T. I. M. e Silva, H. A. 2015. *Análise de Conteúdo. Exemplo de Aplicação.* Revista Electrónica, 2015, Vol. Vol. 17.

FRAPORTI, Vagner Roque. 2020. *DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO DO MUNICÍPIO DE DOUTOR RICARDO/RS.* Lajeado : UNIVATES, 2020.

FUNASA. 2015. *Manual de Saneamento.* 4ª. Brasília : Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde, 2015.

GIL, Antonio Carlos. 2008. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.* São Paulo : Editora Atlas, 2008. p. 356.

GOMES, H. P. 1999. *Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento*. 3ª ed. s.l. : Editora Universitária – UFPB, 1999. p. 412.

—. **2004.** *Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias*. 2ª Ed. Brasil : Editora Universitária - UFPB. João Pessoa, 2004. p. 242.

GRAFF, Neimar Marciel. 2019. *ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE EM UMA LOCALIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO MEIO-RS VISANDO SUA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL* . Lajeado : UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES CURSO DE ENGENHARIA CIVIL, 2019.

INE. 2018. *Folheto estatístico*. Delegação Provincial de Manica : CENSO, 2018.

LAKATOS, Eva e MARCONI, M. 2003. *Fundamentos da Metodologia Científica*. 5ª. São Paulo : Atlas, 2003.

LOPES, Emerciano Jany Brito. 2013. *Gestão de pressões em redes de distribuição de água - caso de Santa Maria da Feira*. Lisboa : Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão da Água, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2013. 183 f.

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. 2008. *Metodologia do trabalho científico*. 7ª ed. São Paulo : Atlas, 2008.

MUTIMUCUIO, I. 2008. *Métodos de investigação*. s.l.: Centro de desenvolvimento acadêmico, 2008.

OLAIA, A. I. S. 2012. *Gestão de sistemas de abastecimento de água através de modelação hidráulica*. Lisboa : Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, 2012.

RSPDADAR. 2003. *Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Conselho de Ministros : Decreto n.º 30/2003, 2003.

SANTOS, Rafael de Jesus S. 2019. *AVALIAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO ATUAL E EXPANSÃO DA MALHA HÍDRICA COM A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA EPANET: . CRUZ DAS ALMAS* : UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA , 2019.

SERQUEIRA, Juliana M. 2020. *MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE JAGUAPITÃ – PR*. LONDRINA : UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS LONDRINA , 2020.

SILVA, Cleyton Oliveira. 2014. *Modelagem de rede de distribuição de água com ênfase no controle de perdas*. Dissertação de Mestrado - Paraíba : João Pessoa, 2014.

TÉCNICA. 2019. *Memória descritiva e justificativa do projecto de abastecimento de água da vila de Sussundenga*. Maputo : Técnica. Lda., 2019.

TSUTIYA, M. T. 2004. *Abastecimento de água*. 1º ed. São Paulo : Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. p. 643.

TSUTIYA, M. T. 2006. *Abastecimento de Água*. 3ª ed. São Paulo : Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

UNICEF. 2021. <https://www.unicef.org/mozambique/água-saneamento-e-higiene>. [Google] 2021.

APÊNDICES

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA ANÁLISE		
Resultados da simulação da rede usada para aprovação do projecto (Designada #0) de cor azul na coluna	Simulação da rede projectada (Designada #1) de cor amarela na coluna	Simulação da rede com alterações, a ser implantada no terreno (Designada #2) de cor verde na coluna

Tabela 3. Designação dos resultados das simulações nos trechos e nos nós. Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE A – Resultados das simulações nos trechos nos dois cenários da rede

ID	Trechos	Caudais (l/s)			Diâmetros (mm)			Velocidades (m/s)			Perdas de Carga (m/Km)		
		Q0	Q1	Q2	D0	D1	D2	V0	V1	V2	J0	J1	J2
1	p98	0,86	1.09	0.94	79.2	125	110	0,17	0.09	0.10	0,48	0.08	0.11
2	p105	-2,15	-1.01	-0.85	141	125	110	0,14	0.08	0.09	0,16	0.07	0.09
3	p201	0,19	0.12	0.12	79.2	90	90	0,04	0.02	0.02	0,03	0.01	0.01
4	T355	3,67	1.62	1.18	158.6	180	160	0,19	0.06	0.06	0,24	0.03	0.03
5	p356	0,39	0.42	0.34	66	75	75	0,12	0.09	0.08	0,28	0.17	0.12
6	p431	-2,40	-1.67	-1.67	110	63	63	0,25	0.54	0.54	0,65	5.07	5.07
7	T45	-3,99	-2.71	-2.71	158.6	180	160	0,20	0.11	0.13	0,28	0.08	0.13
8	T48	-5,94	-3.98	-3.98	158.6	180	160	0,30	0.16	0.20	0,59	0.15	0.27
9	T49	-6,03	-4.04	-4.04	158.6	180	160	0,31	0.16	0.20	0,61	0.16	0.28
10	T113	9,56	7.10	7.10	158.6	180	160	0,48	0.28	0.35	1,42	0.44	0.79
11	T124	-0,55	-0.48	-0.48	55.4	63	63	0,23	0.15	0.15	1,22	0.49	0.49
12	T134	5,75	3.85	3.85	158.6	180	160	0,29	0.15	0.19	0,56	0.14	0.25
13	T147	-11,58	-13.67	-13.67	220.2	250	250	0,30	0.28	0.28	0,41	0.30	0.30
14	T148	-11,67	-13.73	-13.73	220.2	250	250	0,31	0.28	0.28	0,42	0.30	0.30
15	T149	-11,77	-13.79	-13.79	220.2	250	250	0,31	0.28	0.28	0,42	0.31	0.31
16	T150	-12,88	-14.63	-14.63	220.2	250	250	0,34	0.30	0.30	0,50	0.34	0.34
17	T154	-1,59	-3.41	-3.41	220.2	250	250	0,04	0.07	0.07	0,01	0.02	0.02
18	T242	-8,88	-0.97	-0.97	176.2	90	90	0,36	0.15	0.15	0,74	0.33	0.33

19	T243	-8,97	-1.03	-1.03	176.2	90	90	0,37	0.16	0.16	0,76	0.37	0.37
20	T244	-10,00	-1.82	-1.82	176.2	110	110	0,41	0.19	0.19	0,93	0.39	0.39
21	T261	-0,55	-0.48	-0.48	55.4	63	63	0,23	0.15	0.15	1,22	0.49	0.49
22	T263	-2,50	-1.74	-1.74	110	63	63	0,26	0.56	0.56	0,70	5.44	5.44
23	T264	-2,59	-1.80	-1.80	110	63	63	0,27	0.58	0.58	0,75	5.79	5.79
24	T265	-2,69	-1.86	-1.86	110	75	75	0,28	0.42	0.42	0,81	2.64	2.64
25	T274	-0,39	-0.25	-0.25	96.8	110	110	0,05	0.03	0.03	0,04	0.01	0.01
26	T275	-0,49	-0.32	-0.32	96.8	110	110	0,07	0.03	0.03	0,06	0.02	0.02
27	T276	-0,59	-0.38	-0.38	96.8	110	110	0,08	0.04	0.04	0,09	0.02	0.02
28	T277	-0,68	-0.44	-0.44	96.8	110	110	0,09	0.05	0.05	0,12	0.03	0.03
29	T278	-0,78	-0.50	-0.50	110	125	125	0,08	0.04	0.04	0,08	0.02	0.02
30	T298	0,10	0.06	0.06	55.4	63	63	0,04	0.02	0.02	0,05	0.01	0.01
31	T306	-0,46	-0.41	-0.41	66	75	75	0,13	0.09	0.09	0,37	0.16	0.16
32	T307	-0,56	-0.48	-0.48	96.8	110	110	0,08	0.05	0.05	0,08	0.03	0.03
33	T309	5,55	6.88	6.88	220.2	250	250	0,15	0.14	0.14	0,11	0.08	0.08
34	T310	0,66	0.54	0.54	96.8	110	110	0,09	0.06	0.06	0,11	0.04	0.04
35	T323	-19,48	-11.37	-11.37	220.2	250	250	0,51	0.23	0.23	1,07	0.21	0.21
36	T324	21,97	19.16	19.16	220.2	250	250	0,58	0.39	0.39	1,34	0.56	0.56
37	T339	-7,85	-5.34	-5.34	176.2	160	160	0,32	0.27	0.27	0,59	0.46	0.46
38	T342	-8,04	-5.46	-5.46	176.2	160	160	0,33	0.27	0.27	0,62	0.48	0.48
39	T346	-1,68	-3.47	-3.47	220.2	250	250	0,04	0.07	0.07	0,01	0.02	0.02
40	T350	-8,43	-5.71	-5.71	176.2	160	160	0,35	0.28	0.28	0,68	0.53	0.53
41	T351	-8,53	-5.78	-5.78	176.2	160	160	0,35	0.29	0.29	0,69	0.54	0.54
42	T509	0,66	0.54	0.54	110	110	110	0,07	0.06	0.06	0,06	0.04	0.04
43	T515	0,14	0.14	0.14	220.2	250	250	0,00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
44	T516	-0,52	-0.40	-0.40	220.2	250	250	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
45	T518	-2,94	-2.06	-1.86	158.6	180	160	0,15	0.08	0.09	0,16	0.04	0.06
46	T526	0,56	0.48	0.48	55.4	63	63	0,23	0.15	0.15	1,24	0.50	0.50
47	T528	0,72	0.55	0.73	79.2	90	90	0,15	0.09	0.11	0,35	0.11	0.19
48	T530	6,24	4.24	4.43	220.2	250	250	0,16	0.09	0.09	0,13	0.03	0.04
49	T531	-6,34	-4.31	-4.50	220.2	250	250	0,17	0.09	0.09	0,13	0.04	0.04
50	T534	3,04	2.12	1.92	158.6	180	160	0,15	0.08	0.10	0,17	0.05	0.07
51	T535	-3,13	-2.18	-1.99	158.6	180	160	0,16	0.09	0.10	0,18	0.05	0.07
52	T537	-3,23	-2.25	-2.05	158.6	180	160	0,16	0.09	0.10	0,19	0.05	0.08
53	T538	-3,79	-2.72	-2.53	158.6	180	160	0,19	0.11	0.13	0,26	0.07	0.12
54	T555	1,02	0.74	0.92	96.8	110	110	0,14	0.08	0.10	0,25	0.07	0.11
55	T556	0,20	0.13	0.13	55.4	63	63	0,08	0.04	0.04	0,18	0.04	0.04
56	T558	-2,40	-1.68	-1.68	96.8	63	63	0,33	0.54	0.54	1,22	5.09	5.09

57	T560	-2,50	-1.74	-1.74	96.8	63	63	0,34	0.56	0.56	1,32	5.45	5.45
58	T563	-2,31	-1.61	-1.61	96.8	90	90	0,31	0.25	0.25	1,13	0.83	0.83
59	T572	-8,63	-5.79	-6.65	220.2	250	250	0,23	0.12	0.14	0,24	0.06	0.08
60	T573	0,21	0.56	0.55	110	125	110	0,02	0.05	0.06	0,01	0.02	0.04
61	T574	-1,96	-0.89	-0.72	110	125	110	0,21	0.07	0.08	0,45	0.06	0.07
62	T587	-3,89	-2.79	-2.59	158.6	180	160	0,20	0.11	0.13	0,27	0.08	0.12
63	T588	0,31	1.23	1.47	158.6	180	160	0,02	0.05	0.07	0,00	0.02	0.04
64	T596	-3,87	-1.75	-1.31	158.6	180	160	0,20	0.07	0.07	0,27	0.03	0.04
65	T597	3,77	1.68	1.25	158.6	180	160	0,19	0.07	0.06	0,26	0.03	0.03
66	T648	-3,97	-1.81	-1.37	158.6	180	160	0,20	0.07	0.07	0,28	0.04	0.04
67	T649	-4,07	-1.87	-1.44	158.6	180	160	0,21	0.07	0.07	0,29	0.04	0.04
68	T653	-0,10	-0.06	-0.06	66	75	75	0,03	0.01	0.01	0,02	0.00	0.00
69	T663	-2,29	-1.07	-0.88	141	125	110	0,15	0.09	0.09	0,18	0.08	0.10
70	T667	-0,49	-0.48	-0.41	79.2	110	110	0,10	0.05	0.04	0,17	0.03	0.02
71	T668	-0,59	-0.54	-0.47	96.8	110	110	0,08	0.06	0.05	0,09	0.04	0.03
72	T669	-3,64	-2.37	-1.58	141	160	110	0,23	0.12	0.17	0,42	0.10	0.30
73	T670	-3,74	-2.44	-1.65	141	160	110	0,24	0.12	0.17	0,44	0.11	0.32
74	T673	-0,30	-0.35	-0.28	66	75	75	0,09	0.08	0.06	0,16	0.12	0.08
75	T674	-0,23	-0.13	-0.23	79.2	90	90	0,05	0.02	0.04	0,04	0.01	0.02
76	T676	4,71	0.65	0.37	176.2	125	110	0,19	0.05	0.04	0,23	0.03	0.02
77	T678	-5,01	-0.84	-0.56	176.2	125	110	0,21	0.07	0.06	0,26	0.05	0.04
78	T679	-5,66	-1.39	-1.10	176.2	125	110	0,23	0.11	0.12	0,32	0.13	0.15
79	T683	-0,56	-0.48	-0.48	55.4	63	63	0,23	0.15	0.15	1,24	0.50	0.50
80	T684	0,20	0.13	0.13	55.4	63	63	0,08	0.04	0.04	0,18	0.04	0.04
81	T685	0,10	0.06	0.06	55.4	63	63	0,04	0.02	0.02	0,05	0.01	0.01
82	T689	-5,76	-1.45	-1.17	176.2	125	110	0,24	0.12	0.12	0,33	0.14	0.17
83	T690	-5,86	-1.51	-1.23	176.2	125	110	0,24	0.12	0.13	0,34	0.15	0.19
84	T695	-0,56	-0.48	-0.48	66	75	75	0,16	0.11	0.11	0,53	0.21	0.21
85	T696	-0,66	-0.54	-0.54	66	125	110	0,19	0.04	0.06	0,71	0.02	0.04
86	T697	6,42	1.99	1.71	176.2	125	110	0,26	0.16	0.18	0,41	0.25	0.35
87	T698	6,32	1.93	1.64	176.2	125	110	0,26	0.16	0.17	0,40	0.23	0.32
88	T702	-6,40	-5.47	-6.15	220.2	250	250	0,17	0.11	0.13	0,14	0.05	0.07
89	T703	-6,50	-5.53	-6.22	220.2	250	250	0,17	0.11	0.13	0,14	0.06	0.07
90	T704	-6,60	-5.60	-6.28	220.2	250	250	0,17	0.11	0.13	0,14	0.06	0.07
91	T705	-3,24	-1.67	-2.42	220.2	250	250	0,09	0.03	0.05	0,04	0.01	0.01
92	T714	-10,13	-7.97	-7.02	246.8	280	250	0,21	0.13	0.14	0,18	0.06	0.09
93	T715	-10,23	-8.04	-7.08	246.8	280	250	0,21	0.13	0.14	0,19	0.06	0.09
94	T716	-10,79	-8.51	-7.56	246.8	280	250	0,23	0.14	0.15	0,21	0.07	0.10

95	T717	-10,88	-8.58	-7.62	246.8	280	250	0,23	0.14	0.16	0,21	0.07	0.10
96	T718	-10,98	-8.64	-7.68	246.8	280	250	0,23	0.14	0.16	0,21	0.07	0.10
97	T721	-9,41	-9.12	-9.34	220.2	250	250	0,25	0.19	0.19	0,28	0.14	0.15
98	T722	-6,11	-5.34	-6.01	220.2	250	250	0,16	0.11	0.12	0,12	0.05	0.07
99	T723	-6,20	-5.40	-6.07	220.2	250	250	0,16	0.11	0.12	0,13	0.05	0.07
100	T724	-6,30	-5.47	-6.14	220.2	250	250	0,17	0.11	0.13	0,13	0.05	0.07
101	T727	16,96	13.46	13.76	246.8	280	250	0,35	0.22	0.28	0,48	0.17	0.30
102	T732	-0,65	-0.56	-0.59	96.8	110	110	0,09	0.06	0.06	0,11	0.04	0.05
103	T733	-0,75	-0.62	-0.66	96.8	110	110	0,10	0.07	0.07	0,14	0.05	0.06
104	T755	-5,95	-5.62	-6.49	220.2	250	250	0,16	0.11	0.13	0,12	0.06	0.07
105	T756	-9,78	-8.12	-8.20	220.2	250	250	0,26	0.17	0.17	0,30	0.11	0.12
106	T757	-9,32	-7.76	-7.89	220.2	250	250	0,24	0.16	0.16	0,27	0.11	0.11
107	T768	-0,46	-0.41	-0.41	66	75	75	0,13	0.09	0.09	0,37	0.16	0.16
108	T769	-0,56	-0.48	-0.48	66	75	75	0,16	0.11	0.11	0,53	0.21	0.21
109	T770	-0,95	-0.75	-0.78	79.2	90	90	0,19	0.12	0.12	0,58	0.20	0.22
110	T772	1,55	0.98	1.13	110	125	110	0,16	0.08	0.12	0,29	0.07	0.16
111	T773	1,90	1.48	1.52	110	125	110	0,20	0.12	0.16	0,42	0.14	0.28
112	T774	0,75	0.61	0.61	96.8	110	110	0,10	0.06	0.06	0,14	0.05	0.05
113	T775	0,66	0.54	0.54	96.8	75	75	0,09	0.12	0.12	0,11	0.27	0.27
114	T792	1,20	1.17	1.05	110	125	110	0,13	0.10	0.11	0,18	0.09	0.14
115	T793	1,10	1.10	0.99	110	125	110	0,12	0.09	0.10	0,15	0.08	0.13
116	T794	1,01	1.04	0.92	96.8	125	110	0,14	0.08	0.10	0,24	0.08	0.11
117	T797	-7,60	-6.27	-6.98	220.2	250	250	0,20	0.13	0.14	0,19	0.07	0.09
118	T817	-0,10	-0.06	-0.06	96.8	110	110	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
119	T820	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
120	T46	-6,67	-4.56	-4.56	141	125	110	0,43	0.37	0.48	1,29	1.15	2.15
121	T88	-10,58	-7.33	-7.33	176.2	110	110	0,43	0.77	0.77	1,03	5.18	5.18
122	T99	-16,99	-11.62	-11.62	176.2	110	110	0,70	1.22	1.22	2,47	12.13	12.13
123	T123	-6,53	1.21	1.21	220.2	250	250	0,17	0.02	0.02	0,14	0.00	0.00
124	T247	0,93	0.72	0.72	110	125	110	0,10	0.06	0.08	0,11	0.04	0.07
125	T130	-0,20	-0.13	-0.13	96.8	110	110	0,03	0.01	0.01	0,01	0.00	0.00
126	T251	1,02	0.78	0.78	141	125	110	0,07	0.06	0.08	0,04	0.04	0.08
127	T262	0,84	0.66	0.66	141	125	110	0,05	0.05	0.07	0,03	0.03	0.06
128	T291	0,74	0.60	0.60	141	125	110	0,05	0.05	0.06	0,02	0.03	0.05
129	T304	0,65	0.54	0.54	141	125	110	0,04	0.04	0.06	0,02	0.02	0.04
130	T327	-8,16	-4.38	-4.69	220.2	250	250	0,21	0.09	0.10	0,21	0.04	0.04
131	T330	-8,93	-6.42	-7.26	220.2	250	250	0,23	0.13	0.15	0,25	0.07	0.09
132	T332	-9,03	-6.48	-7.32	220.2	250	250	0,24	0.13	0.15	0,26	0.08	0.09

133	T345	-9,13	-6.54	-7.38	220.2	250	250	0,24	0.13	0.15	0,26	0.08	0.10
134	T385	-2,78	-1.56	-0.88	141	125	110	0,18	0.13	0.09	0,26	0.16	0.10
135	T420	-0,85	-0.69	-0.72	79.2	90	90	0,17	0.11	0.11	0,47	0.17	0.19
136	T421	-1,05	-0.81	-0.85	110	125	110	0,11	0.07	0.09	0,14	0.05	0.09
137	T428	-0,10	-0.49	-0.33	96.8	125	110	0,01	0.04	0.03	0,00	0.02	0.02
138	T429	-0,30	-0.62	-0.46	96.8	125	110	0,04	0.05	0.05	0,03	0.03	0.03
139	T469	-0,20	-0.55	-0.39	96.8	125	110	0,03	0.05	0.04	0,01	0.02	0.02
140	T523	-12,40	-11.27	-12.42	220.2	250	250	0,33	0.23	0.25	0,47	0.21	0.25
141	T547	-12,50	-11.33	-12.49	220.2	250	250	0,33	0.23	0.25	0,47	0.21	0.25
142	T551	0,09	0.06	0.06	66	75	75	0,03	0.01	0.01	0,02	0.00	0.00
143	T833	7,27	2.66	2.38	246.8	280	250	0,15	0.04	0.05	0,10	0.01	0.01
144	T834	7,17	2.60	2.31	246.8	280	250	0,15	0.04	0.05	0,10	0.01	0.01
145	T840	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
146	T842	-6,61	-2.10	-1.70	176.2	125	110	0,27	0.17	0.18	0,43	0.27	0.34
147	T848	-9,29	-6.38	-6.38	176.2	160	160	0,38	0.32	0.32	0,81	0.64	0.64
148	T849	-9,38	-6.44	-6.44	176.2	160	160	0,38	0.32	0.32	0,82	0.66	0.66
149	T850	0,63	0.49	0.67	79.2	90	90	0,13	0.08	0.10	0,27	0.09	0.16
150	T952	2,07	1.38	1.20	110	125	110	0,22	0.11	0.13	0,50	0.13	0.18
151	T953	1,97	1.32	1.14	110	125	110	0,21	0.11	0.12	0,46	0.12	0.16
152	T956	0,10	0.06	0.06	55.4	63	63	0,04	0.02	0.02	0,05	0.01	0.01
153	T967	6,13	4.10	4.10	158.6	180	160	0,31	0.16	0.20	0,62	0.16	0.28
154	T968	0,93	0.72	0.72	141	125	125	0,06	0.06	0.06	0,03	0.04	0.04
155	T981	0,42	0.27	0.27	96.8	110	110	0,06	0.03	0.03	0,05	0.01	0.01
156	T989	-0,51	-0.33	-0.33	96.8	110	110	0,07	0.04	0.04	0,07	0.02	0.02
157	T994	1,26	0.82	0.82	79.2	90	90	0,26	0.13	0.13	0,98	0.24	0.24
158	T995	0,42	0.27	0.27	79.2	90	90	0,09	0.04	0.04	0,13	0.03	0.03
159	T1001	-0,42	-0.27	-0.27	79.2	90	90	0,09	0.04	0.04	0,13	0.03	0.03
160	T1014	-2,78	-1.92	-1.92	110	75	75	0,29	0.44	0.44	0,86	2.80	2.80
161	T1020	-0,09	-0.06	-0.06	66	75	75	0,03	0.01	0.01	0,02	0.00	0.00
162	T1022	-8,78	-0.91	-0.91	176.2	90	90	0,36	0.14	0.14	0,73	0.29	0.29
163	T47	3,40	3.84	3.40	220.2	250	250	0,09	0.08	0.07	0,04	0.03	0.02
164	T67	1,20	0.74	0.78	96.8	110	110	0,16	0.08	0.08	0,34	0.07	0.08
165	T68	2,39	2.28	2.89	220.2	250	250	0,06	0.05	0.06	0,02	0.01	0.02
166	T177	-1,78	-3.54	-3.54	220.2	250	250	0,05	0.07	0.07	0,01	0.02	0.02
167	T188	-0,33	-0.27	-0.26	220.2	250	250	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
168	T209	-0,43	-0.33	-0.33	220.2	250	250	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
169	T210	-6,54	-4.45	-4.65	176.2	180	160	0,27	0.18	0.23	0,42	0.19	0.36
170	T228	-6,22	-4.26	-4.44	220.2	250	250	0,16	0.09	0.09	0,13	0.03	0.04

171	T229	-0,41	-1.30	-1.54	176.2	180	160	0,02	0.05	0.08	0,00	0.02	0.05
172	T238	4,60	4.31	4.38	176.2	250	250	0,19	0.09	0.09	0,22	0.04	0.04
173	T239	13,04	9.54	9.71	246.8	250	250	0,27	0.19	0.20	0,29	0.15	0.16
174	T240	9,50	7.90	8.02	220.2	250	250	0,25	0.16	0.16	0,28	0.11	0.11
175	T241	-2,09	-1.58	-1.46	176.2	125	110	0,09	0.13	0.15	0,05	0.16	0.26
176	T252	-8,84	-7.41	-7.58	220.2	250	250	0,23	0.15	0.15	0,25	0.10	0.10
177	T253	-4,84	-4.38	-4.15	176.2	250	250	0,20	0.09	0.08	0,24	0.04	0.03
178	T279	-4,94	-4.45	-4.21	176.2	250	250	0,20	0.09	0.09	0,25	0.04	0.03
179	T282	-5,04	-4.51	-4.27	176.2	250	250	0,21	0.09	0.09	0,26	0.04	0.03
180	T284	1,79	-0.38	-0.34	141	125	110	0,11	0.03	0.04	0,11	0.01	0.02
181	T290	6,65	5.77	6.06	220.2	250	250	0,17	0.12	0.12	0,14	0.06	0.06
182	T294	-0,27	-1.29	-1.83	176.2	180	160	0,01	0.05	0.09	0,00	0.01	0.07
183	T296	-1,72	-0.01	-0.13	176.2	250	250	0,07	0.00	0.00	0,04	0.00	0.00
184	T333	4,80	6.28	6.28	220.2	250	250	0,13	0.13	0.13	0,08	0.07	0.07
185	T334	4,71	6.21	6.21	220.2	250	250	0,12	0.13	0.13	0,08	0.07	0.07
186	T344	4,15	5.74	5.74	220.2	250	250	0,11	0.12	0.12	0,06	0.06	0.06
187	T354	4,05	5.67	5.67	220.2	250	250	0,11	0.12	0.12	0,06	0.06	0.06
188	T360	0,46	0.41	0.41	79.2	90	90	0,09	0.07	0.07	0,15	0.07	0.07
189	T389	1,96	1.28	1.28	96.8	110	110	0,27	0.13	0.13	0,84	0.20	0.20
190	T391	6,22	4.16	4.16	176.2	180	160	0,26	0.16	0.21	0,38	0.16	0.29
191	T398	1,35	0.88	0.88	96.8	110	110	0,18	0.09	0.09	0,42	0.10	0.10
192	T399	-11,11	-13.36	-13.36	176.2	250	250	0,46	0.27	0.27	1,13	0.29	0.29
193	T400	6,32	4.22	4.22	176.2	180	160	0,26	0.17	0.21	0,39	0.17	0.30
194	T401	3,82	2.71	2.71	176.2	110	110	0,16	0.29	0.29	0,16	0.82	0.82
195	T466	11,20	13.43	13.43	176.2	250	250	0,46	0.27	0.27	1,14	0.29	0.29
196	T467	11,30	13.49	13.49	220.2	250	250	0,30	0.27	0.27	0,39	0.29	0.29
197	T468	6,71	-1.09	-1.09	220.2	250	250	0,18	0.02	0.02	0,15	0.00	0.00
198	T471	13,05	11.62	11.60	246.8	280	250	0,27	0.19	0.24	0,29	0.13	0.22
199	T478	6,62	-1.15	-1.15	220.2	250	250	0,17	0.02	0.02	0,15	0.00	0.00
200	T137	-0,56	-0.42	-0.38	220.2	250	250	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
201	T155	0,29	0.19	0.19	96.8	110	110	0,04	0.02	0.02	0,02	0.01	0.01
202	T226	0,23	0.20	0.20	176.2	250	250	0,01	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
203	T273	-3,34	-4.95	-4.68	176.2	125	110	0,14	0.40	0.49	0,13	1.34	2.25
204	T100	-0,74	-0.60	-0.60	96.8	125	110	0,10	0.05	0.06	0,14	0.03	0.05
205	T433	-10,20	-7.64	-7.64	110	180	160	1,07	0.30	0.38	9,54	0.51	0.90
206	T112	12,96	3.86	3.86	176.2	110	110	0,53	0.41	0.41	1,50	1.58	1.58
207	T115	-0,84	-0.66	-0.66	110	125	110	0,09	0.05	0.07	0,09	0.03	0.06
208	T186	7,57	5.15	5.15	158.6	160	160	0,38	0.26	0.26	0,92	0.43	0.43

209	T189	6,51	2.04	1.63	176.2	125	110	0,27	0.17	0.17	0,42	0.26	0.32
210	T190	5,96	1.56	1.16	176.2	125	110	0,24	0.13	0.12	0,35	0.16	0.17
211	T194	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
212	T245	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
213	T246	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.37
214	T288	0,56	0.48	0.48	110	110	110	0,06	0.05	0.05	0,04	0.03	0.03
215	T338	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,86	0.38	0.38
216	T343	6,74	4.49	4.49	158.6	160	160	0,34	0.22	0.22	0,74	0.34	0.34
217	T356	0,46	0.41	0.41	55.4	180	160	0,19	0.02	0.02	0,87	0.00	0.00
218	T357	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,86	0.38	0.38
219	T359	0,55	0.48	0.48	110	125	110	0,06	0.04	0.05	0,04	0.02	0.03
220	T501	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
221	T502	-0,09	-0.06	-0.06	96.8	110	110	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
222	T503	-0,65	-0.54	-0.54	96.8	110	110	0,09	0.06	0.06	0,11	0.04	0.04
223	T504	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
224	T505	7,29	4.97	4.97	158.6	160	160	0,37	0.25	0.25	0,86	0.41	0.41
225	T5	9,43	7.32	8.90	220.2	250	250	0,25	0.15	0.18	0,28	0.09	0.14
226	T44	3,15	2.88	3.49	220.2	250	250	0,08	0.06	0.07	0,04	0.02	0.02
227	T162	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
228	T171	0,66	0.54	0.54	79.2	90	90	0,13	0.09	0.09	0,29	0.11	0.11
229	T341	0,10	0.06	0.06	79.2	90	90	0,02	0.01	0.01	0,01	0.00	0.00
230	T506	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
231	T507	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
232	T521	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
233	T561	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,86	0.38	0.38
234	T199	10,11	7.57	7.57	158.6	180	160	0,51	0.30	0.38	1,58	0.50	0.89
235	T508	0,10	0.06	0.06	110	125	110	0,01	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00
236	T185	-0,46	-0.41	-0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
237	T517	18,78	13.96	13.96	277.6	315	315	0,31	0.18	0.18	0,32	0.10	0.10
238	T58	0,45	0.56	0.44	96.8	125	110	0,06	0.05	0.05	0,05	0.02	0.03
239	T590	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.36	0.38
240	T2	2,22	1.56	1.56	158.6	180	160	0,11	0.06	0.08	0,10	0.03	0.05
241	T3	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
242	T4	1,30	0.96	0.96	96.8	110	110	0,18	0.10	0.10	0,39	0.12	0.12
243	T6	0,88	0.69	0.69	79.2	90	90	0,18	0.11	0.11	0,51	0.17	0.17
244	T490	0,46	0.41	0.41	79.2	90	90	0,09	0.07	0.07	0,15	0.07	0.07
245	T7	6,57	4.50	4.50	141	125	110	0,42	0.37	0.47	1,26	1.12	2.10
246	T8	0,88	0.69	0.69	55.4	63	63	0,37	0.22	0.22	2,88	0.97	0.97

247	T9	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
248	T11	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
249	T13	0,43	0.42	0.45	79.2	90	90	0,09	0.07	0.07	0,13	0.07	0.08
250	T1	-2,87	-1.98	-1.98	110	125	110	0,30	0.16	0.21	0,91	0.25	0.46
251	T15	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
252	T17	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
253	T18	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
254	T21	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
255	T22	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
256	T23	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
257	T24	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
258	T25	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	4,42	2.25	2.25
259	T28	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
260	T29	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
261	T30	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
262	T31	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
263	T32	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
264	T33	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
265	T34	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
266	T35	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
267	T36	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
268	T37	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
269	T38	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
270	T39	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
271	T40	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
272	T41	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
273	T42	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
274	T43	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
275	T50	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
276	T19	0,09	0.06	0.06	66	63	66	0,03	0.02	0.02	0,02	0.01	0.01
277	T20	-0,10	-0.06	-0.06	96.8	63	63	0,01	0.02	0.02	0,00	0.01	0.01
278	T51	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,96	0.41	0.41
279	T52	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
280	T53	-0,46	-0.41	-0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
281	T57	0,09	0.06	0.06	55.4	90	90	0,04	0.01	0.01	0,05	0.00	0.00
282	T59	4,96	3.34	3.34	158.6	125	110	0,25	0.27	0.35	0,42	0.65	1.21
283	T61	5,27	3.54	3.54	141	125	110	0,34	0.29	0.37	0,84	0.72	1.34
284	T62	3,21	2.09	2.09	141	90	90	0,21	0.33	0.33	0,33	1.34	1.34

285	T63	1,75	1.14	1.14	96.8	63	63	0,24	0.36	0.36	0,68	2.47	2.47
286	T64	10,39	7.76	7.76	220.2	250	250	0,27	0.16	0.16	0,34	0.11	0.10
287	T65	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,81	0.62	0.62
288	T26	1,75	1.14	1.14	96.8	110	110	0,24	0.12	0.12	0,68	0.16	0.16
289	T66	4,97	3.35	3.35	158.6	160	160	0,25	0.17	0.17	0,42	0.20	0.20
290	T69	-2,26	-1.47	-1.47	110	110	110	0,24	0.15	0.15	0,58	0.26	0.26
291	T16	41,55	30.59	30.59	277.2	280	250	0,69	0.50	0.62	1,42	0.77	1.34
292	T60	8,24	5.58	5.58	176.2	180	160	0,34	0.22	0.28	0,65	0.28	0.50
293	T70	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,86	0.38	0.38
294	T71	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
295	T56	2,70	1.87	1.87	110	125	110	0,28	0.15	0.20	0,82	0.22	0.41
296	T72	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
297	T73	21,88	19.10	19.10	220.2	250	250	0,57	0.39	0.39	1,33	0.56	0.56
298	T74	-3,95	-5.61	-5.61	220.2	250	250	0,10	0.11	0.11	0,06	0.06	0.06
299	T75	5,72	3.96	4.93	220.2	250	250	0,15	0.08	0.10	0,11	0.03	0.05
300	T76	7,44	6.07	4.79	246.8	280	250	0,16	0.10	0.10	0,10	0.04	0.04
301	T79	9,41	8.98	8.65	220.2	280	250	0,25	0.15	0.18	0,28	0.08	0.13
302	T80	-3,44	-1.58	-1.62	220.2	250	250	0,09	0.03	0.03	0,04	0.01	0.01
303	T81	8,53	5.73	6.58	220.2	250	250	0,22	0.12	0.13	0,23	0.06	0.08
304	T82	-1,88	-3.60	-3.60	220.2	250	250	0,05	0.07	0.07	0,01	0.03	0.03
305	T14	-0,46	-0.41	-0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
306	T10	41,64	30.65	30.65	237	280	250	0,94	0.50	0.62	3,07	0.77	1.34
307	T27	38,04	28.34	28.34	277.6	315	315	0,63	0.36	0.36	1,20	0.37	0.37
308	T54	1,60	1.04	1.04	79.2	90	90	0,33	0.16	0.16	1,54	0.37	0.37
309	T55	1,12	0.73	0.73	96.8	125	110	0,15	0.06	0.08	0,30	0.04	0.07
310	T77	2,20	2.15	2.76	176.2	250	250	0,09	0.04	0.06	0,06	0.01	0.02
311	T78	-1,74	-1.34	-2.33	176.2	250	250	0,07	0.03	0.05	0,04	0.00	0.01
312	T83	-20,42	-14.34	-14.04	246.8	280	250	0,43	0.23	0.29	0,67	0.19	0.32
313	T84	1,71	0.44	0.14	246.8	280	250	0,04	0.01	0.00	0,01	0.00	0.00
314	T85	18,70	13.90	13.90	277.6	315	315	0,31	0.18	0.18	0,32	0.10	0.10
315	T86	0,46	0.41	0.41	55.4	63	63	0,19	0.13	0.13	0,87	0.38	0.38
316	B1	40,50	40.50	40.50	#N/A	#N/A	#N/A	0,00	0.00	0.00	-157,00	-157.00	-157.00
317	B2	16,69	18.18	18.18	#N/A	#N/A	#N/A	0,00	0.00	0.00	-14,11	-12.00	-12.00
318	B3	56,56	56.56	56.56	#N/A	#N/A	#N/A	0,00	0.00	0.00	-20,50	-20.50	-20.50
319	V5	0,09	0.06	0.06	79.2	160	90	0,02	0.00	0.01	0,00	0.00	0.00
320	V13	0,09	0.06	0.06	141	141	160	0,01	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
321	V7	7,38	5.03	5.03	158.6	160	160	0,37	0.25	0.25	0,00	0.00	0.00
322	V16	7,67	5.21	5.21	158.6	160	160	0,39	0.26	0.26	0,00	0.00	0.00

323	V2	0,00	0.00	0.00	220.2	250	250	0,00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
324	V17	10,30	7.70	7.70	158.6	180	160	0,52	0.30	0.38	0,00	0.00	0.00
325	V20	21,78	19.04	19.04	220.2	250	250	0,57	0.39	0.39	0,00	0.00	0.00
326	V4	40,50	40.50	40.50	217.6	250	250	1,09	0.83	0.83	0,00	0.00	0.00
327	V3	20,25	20.25	20.25	237	250	250	0,46	0.41	0.41	0,00	0.00	0.00
328	V6	0,00	0.00	0.00	237	250	250	0,00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
329	V10	0,00	0.00	0.00	237	250	250	0,00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
330	V8	1,88	1.88	1.88	79.2	110	110	0,38	0.20	0.20	0,00	0.00	0.00
331	V9	1,88	1.88	1.88	79.2	90	90	0,38	0.30	0.30	0,00	0.00	0.00
332	V18	3,76	2.44	2.44	79.2	90	90	0,76	0.38	0.38	0,00	0.00	0.00
333	V19	1,88	1.88	1.88	79.2	90	90	0,38	0.30	0.30	0,00	0.00	0.00
334	V22	-0,32	-0.27	-0.88	176.2	250	250	0,01	0.01	0.02	0,00	0.00	0.00
335	V23	1,88	1.88	1.88	79.2	90	90	0,38	0.30	0.30	0,00	0.00	0.00
336	V12	8,34	5.65	5.65	176.2	160	160	0,34	0.28	0.28	0,00	0.00	0.00
337	V15	0,00	0.00	0.00	176.2	125	110	0,00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
338	V24	-3,85	-5.54	-5.54	220.2	250	250	0,10	0.11	0.11	0,00	0.00	0.00
339	V25	19,39	11.30	11.30	220.2	250	250	0,51	0.23	0.23	0,00	0.00	0.00
340	V26	14,86	12.63	13.01	220.2	250	250	0,39	0.26	0.27	0,00	0.00	0.00
341	V27	5,96	4.99	4.72	220.2	250	250	0,16	0.10	0.10	0,00	0.00	0.00
342	V28	2,38	2.23	2.45	220.2	250	250	0,06	0.05	0.05	0,00	0.00	0.00
343	V29	-1,88	-3.60	-3.60	220.2	250	250	0,05	0.07	0.07	0,00	0.00	0.00
344	V14	20,25	20.25	20.25	237	200	200	0,46	0.64	0.64	0,00	0.00	0.00
345	V1	-43,52	-32.53	-32.53	277.2	280	250	0,72	0.53	0.66	0,00	0.00	0.00
346	V30	1,88	1.88	1.88	79.2	110	110	0,38	0.20	0.20	0,00	0.00	0.00
347	V32	39,92	30.22	30.22	277.6	315	315	0,66	0.39	0.39	0,00	0.00	0.00
348	V33	1,88	1.88	1.88	79.2	90	90	0,38	0.30	0.30	0,00	0.00	0.00
349	V11	-0,85	-0.59	-0.60	237	250	250	0,02	0.01	0.01	0,00	0.00	0.00

Tabela 4. Resultados das Simulações nos trechos nos dois cenários da rede. Fonte: Autor (2022) & Técnica (2019)

APÊNDICE B – Resultados das Simulações nos nós nos dois cenários da rede

ANÁLISE DOS NÓS						
ID	Nós	Consumo	Carga hidráulica	Pressões		
				P0	P1	P2
1	n4	0.06	598.16	28,66	27.26	27.13
2	n7	0.06	598.36	17,89	16.36	16.23
3	n8	0.06	598.30	22,81	21.30	21.18
4	n9	0.06	598.35	20,87	19.35	19.23
5	n19	0.06	647.40	36,19	36.40	36.36
6	n20	0.06	647.41	27,99	28.16	28.13
7	n23	0.06	647.40	35,19	35.40	35.36
8	n24	0.06	647.34	40,06	40.34	40.30
9	n25	0.06	647.33	41,05	41.33	41.28
10	n26	0.06	647.28	50,89	51.28	51.22
11	n27	0.06	647.41	30,24	30.41	30.38
12	n28	0.06	647.41	30,23	30.41	30.38
13	n29	0.06	647.29	44,95	45.29	45.24
14	N296	0.06	647.28	47,97	48.28	48.21
15	n31	0.06	647.28	45,98	46.28	46.22
16	n33	0.06	647.31	41,98	42.31	42.26
17	n36	0.06	647.27	55,91	56.27	56.21
18	n55	0.06	598.23	18,34	16.83	16.71
19	n58	0.06	647.26	53,15	53.60	53.54
20	n61	0.06	647.26	51,72	52.13	52.08
21	n66	0.06	647.24	55,78	56.24	56.17
22	n68	0.06	647.26	58,81	59.26	59.20
23	n70	0.06	647.26	53,96	54.41	54.35
24	n74	0.06	598.41	17,94	16.41	16.29
25	n78	0.06	598.37	14,89	13.37	13.25
26	n79	0.06	647.42	22,26	22.42	22.39
27	n82	0.06	647.45	27,32	27.45	27.44
28	FN8	0.41	647.38	36,41	36.59	36.55
29	n84	0.06	647.45	30,54	30.73	30.72
30	n85	0.06	647.35	39,53	39.76	39.71
31	n88	0.06	647.33	41,08	41.33	41.29
32	n90	0.06	647.34	39,44	39.68	39.63
33	n93	0.06	647.45	29,32	29.45	29.44
34	n94	0.06	647.43	32,34	32.55	32.54
35	n97	0.06	594.97	24,90	20.97	20.85
36	n99	0.06	595.99	21,10	17.99	17.87
37	n101	0.06	598.31	18,81	17.31	17.18
38	n102	0.06	598.30	21,81	20.30	20.17
39	N394	0.06	646.29	62,65	62.49	62.42
40	FE1	0.41	598.38	19,90	18.38	18.26
41	n116	0.06	647.39	34,18	34.39	34.35
42	n118	0.06	598.40	23,92	22.40	22.28
43	n120	0.06	647.41	30,23	30.41	30.38
44	n122	0.06	647.42	22,82	22.98	22.95
45	N30	0.06	647.41	26,71	26.91	26.88

46	n127	0.06	647.42	22,26	22.42	22.39
47	n129	0.06	647.29	41,95	42.29	42.24
48	n133	0.06	647.36	37,11	37.36	37.32
49	n136	0.06	647.27	58,90	59.27	59.22
50	n137	0.06	647.28	44,93	45.28	45.23
51	n144	0.06	598.40	23,92	22.40	22.28
52	n149	0.06	647.19	54,14	54.69	54.63
53	n172	0.06	647.33	43,14	43.42	43.37
54	n173	0.06	647.33	41,06	41.33	41.28
55	n174	0.06	647.33	40,06	40.33	40.28
56	n175	0.06	647.30	38,31	38.61	38.56
57	n176	0.06	647.24	56,79	57.24	57.17
58	n180	0.06	647.24	55,78	56.24	56.17
59	n181	0.06	646.93	61,38	61.93	61.85
60	n182	0.06	598.35	25,87	24.35	24.23
61	n188	0.06	598.36	17,89	16.36	16.24
62	n192	0.06	598.36	17,89	16.36	16.23
63	n199	0.06	598.39	19,91	18.39	18.27
64	n200	0.06	646.76	67,12	67.76	67.67
65	n410	0.06	598.32	30,00	28.62	28.47
66	n203	0.06	598.36	15,89	14.36	14.24
67	N12	0.06	598.30	29,39	27.88	27.75
68	N202	1.47	598.08	32,95	32.08	31.75
69	n215	0.06	598.30	25,81	24.30	24.18
70	n216	0.06	595.96	24,01	20.96	20.81
71	n232	1.15	595.93	28,39	25.43	25.26
72	n256	0.06	598.16	28,74	27.36	27.23
73	n259	0.06	598.25	21,73	20.25	20.13
74	n262	0.06	594.82	25,73	21.82	21.57
75	FN7	0.41	647.26	37,56	37.90	37.86
76	n298	0.06	598.06	25,29	24.06	23.93
77	n300	0.06	647.33	48,00	48.33	48.26
78	n301	0.06	647.36	44,12	44.36	44.31
79	n302	0.06	647.34	43,04	43.34	43.29
80	n303	0.06	647.39	41,16	41.39	41.34
81	N900	0.06	647.42	27,26	27.42	27.39
82	N2	0.41	647.33	43,01	43.33	43.27
83	n307	0.06	647.34	40,06	40.34	40.30
84	n310	0.06	647.39	35,18	35.39	35.35
85	n314	0.06	647.40	33,22	33.40	33.37
86	n315	0.06	647.41	35,35	35.51	35.49
87	n316	0.06	647.37	38,99	39.19	39.14
88	n319	0.06	647.41	32,22	32.41	32.37
89	n320	0.06	647.43	20,75	20.88	20.86
90	n321	0.06	647.42	22,80	22.96	22.93
91	n328	0.06	598.22	24,67	23.20	23.07
92	222	0.06	598.21	27,69	26.21	26.09
93	n332	0.06	598.16	29,55	28.16	28.03
94	n342	0.06	594.94	25,83	21.94	21.82
95	n343	0.06	595.96	23,02	19.96	19.82
96	n344	0.27	594.92	36,72	32.92	32.79

97	n345	1.15	595.93	28,39	25.43	25.26
98	N220	1.15	646.66	65,25	66.01	65.92
99	n414	0.06	647.24	55,01	55.50	55.43
100	n416	0.06	647.25	58,78	59.25	59.19
101	n418	0.06	646.35	61,70	61.51	61.44
102	n422	0.06	647.26	55,83	56.26	56.19
103	n424	0.06	598.44	14,08	12.44	12.31
104	n428	0.06	598.12	20,68	19.12	18.98
105	N324	0.06	597.64	27,58	25.64	25.50
106	n381	0.06	596.53	37,53	34.81	34.67
107	n436	0.06	598.40	31,07	29.56	29.44
108	FN18	0.41	598.37	34,86	33.37	33.25
109	n438	0.06	598.40	36,72	35.21	35.09
110	n440	0.06	598.40	39,91	38.40	38.28
111	n442	0.06	598.40	20,92	19.40	19.28
112	n443	0.06	598.41	22,23	20.71	20.58
113	n448	0.06	598.40	36,72	35.21	35.09
114	n449	0.06	598.41	18,14	16.61	16.49
115	n484	0.27	594.94	25,83	21.94	21.82
116	n508	0.06	595.94	24,95	21.94	21.79
117	n512	0.06	595.94	23,63	20.62	20.47
118	n584	0.06	647.26	52,83	53.26	53.20
119	n586	0.06	647.24	55,47	55.94	55.88
120	n587	0.06	647.26	53,32	53.76	53.70
121	n590	0.06	647.11	56,61	57.11	57.04
122	n591	0.06	647.25	58,80	59.25	59.18
123	n597	0.06	647.25	59,31	59.75	59.68
124	n599	0.06	647.27	56,38	56.77	56.70
125	n600	0.06	647.27	49,86	50.27	50.21
126	n602	0.06	647.27	48,87	49.27	49.22
127	n609	0.06	647.26	59,83	60.26	60.19
128	n611	0.06	647.27	49,89	50.27	50.21
129	n630	0.06	647.27	53,87	54.27	54.21
130	n631	0.06	647.28	46,92	47.28	47.23
131	n636	0.06	647.26	59,87	60.26	60.20
132	n637	0.06	647.26	60,85	61.26	61.20
133	n638	0.06	647.33	48,00	48.33	48.26
134	n639	0.06	647.30	46,96	47.30	47.25
135	n640	0.06	647.35	51,08	51.35	51.29
136	n642	0.06	647.33	44,02	44.33	44.27
137	FN4	0.41	647.33	53,05	53.33	53.28
138	n654	0.06	647.36	41,09	41.36	41.30
139	n656	0.06	646.99	60,46	60.99	60.92
140	n660	0.06	647.37	39,13	39.37	39.32
141	n662	0.06	647.34	45,03	45.34	45.27
142	n665	0.06	647.37	41,11	41.37	41.31
143	n674	0.06	647.38	37,13	37.38	37.32
144	n676	0.06	647.42	24,25	24.42	24.39
145	n677	0.06	647.41	31,91	32.11	32.07
146	n678	0.06	647.42	28,00	28.17	28.14
147	n679	0.06	647.42	24,86	25.02	24.99

148	n684	0.06	647.44	19,31	19.44	19.41
149	N695	0.06	647.47	19,33	19.40	19.40
150	n701	0.06	647.41	30,51	30.71	30.67
151	n716	0.06	647.45	19,45	19.56	19.55
152	n333	0.06	598.23	27,73	26.23	26.11
153	n735	0.06	598.26	15,99	14.46	14.33
154	n738	0.06	598.23	21,71	20.23	20.09
155	n744	0.06	598.30	23,81	22.30	22.17
156	n747	0.06	598.18	25,62	24.18	24.06
157	n752	0.06	598.19	23,65	22.19	22.07
158	n753	0.06	598.23	32,73	31.23	31.10
159	n755	0.06	598.15	33,56	32.15	32.03
160	n772	0.06	598.40	22,92	21.40	21.28
161	n773	0.06	597.92	25,09	23.39	23.25
162	n788	0.06	596.61	39,45	36.61	36.47
163	n789	0.06	596.94	34,49	31.94	31.80
164	n790	0.06	647.40	33,20	33.40	33.36
165	n791	0.06	647.39	36,17	36.39	36.34
166	n796	0.06	598.28	19,78	18.28	18.16
167	n798	0.06	598.23	29,72	28.23	28.10
168	N812	0.06	598.40	17,93	16.40	16.28
169	N820	0.06	598.39	18,97	17.39	17.27
170	N821	0.06	646.90	63,33	63.90	63.82
171	N822	0.06	646.83	64,24	64.83	64.75
172	N823	0.06	646.78	67,34	67.95	67.86
173	N16	0.06	647.05	59,54	60.05	59.98
174	N826	0.06	647.05	57,03	57.54	57.47
175	N841	0.06	647.25	55,88	56.34	56.28
176	N845	0.06	647.26	56,85	57.26	57.20
177	N846	0.06	646.87	58,26	58.47	58.40
178	N851	0.06	647.29	44,94	45.29	45.24
179	N852	0.06	647.42	27,26	27.42	27.39
180	N860	0.06	647.40	33,69	33.90	33.86
181	N861	0.06	647.41	32,98	33.18	33.14
182	FN17	0.41	597.97	25,09	23.97	23.85
183	N71	0.06	647.25	61,78	62.25	62.19
184	N73	0.06	595.97	22,07	18.97	18.84
185	N75	0.06	594.95	25,84	21.95	21.82
186	N86	0.06	594.95	25,84	21.95	21.82
187	N87	0.27	594.92	27,73	23.92	23.80
188	N104	0.27	594.92	26,73	22.92	22.80
189	N108	0.06	598.16	27,57	26.16	26.03
190	N103	0.06	598.45	13,10	11.45	11.33
191	N109	0.06	598.36	15,89	14.36	14.24
192	N111	0.06	647.26	58,81	59.26	59.20
193	N112	0.06	647.26	53,81	54.26	54.20
194	N113	0.06	647.26	52,81	53.26	53.20
195	N114	0.06	647.26	52,83	53.26	53.20
196	N117	0.06	647.26	51,85	52.26	52.21
197	N124	0.06	647.27	50,89	51.27	51.21
198	N128	0.06	647.28	44,94	45.28	45.22

199	N130	0.06	647.39	34,18	34.39	34.35
200	N134	0.06	647.36	36,61	36.86	36.82
201	N135	0.06	647.34	40,06	40.34	40.30
202	N141	0.06	647.27	46,92	47.27	47.21
203	N142	0.06	598.39	16,92	15.39	15.27
204	N146	0.06	598.38	14,91	13.38	13.26
205	N147	0.06	598.38	14,90	13.38	13.26
206	N153	0.06	598.37	14,90	13.37	13.25
207	N155	0.06	598.18	28,75	27.28	27.16
208	N156	0.06	598.16	28,57	27.16	27.04
209	N157	0.06	595.99	21,10	17.99	17.86
210	N160	0.06	594.96	24,90	20.96	20.84
211	N163	0.06	647.39	27,18	27.39	27.36
212	N178	0.06	598.23	27,73	26.23	26.11
213	N195	0.06	646.78	66,34	66.95	66.86
214	N198	0.06	598.34	25,79	24.34	24.22
215	N208	0.06	646.76	67,12	67.76	67.67
216	N211	0.06	646.75	68,11	68.75	68.67
217	N212	0.06	646.83	64,24	64.83	64.75
218	N213	0.06	646.90	63,33	63.90	63.82
219	N227	0.06	647.27	57,90	58.27	58.22
220	N258	0.06	646.78	66,34	66.95	66.86
221	FE3	0.41	647.27	41,96	42.27	42.21
222	FE4	0.41	646.27	59,43	59.27	59.20
223	FE5	0.41	647.05	61,53	62.05	61.97
224	FE6	0.41	646.73	67,55	68.23	68.14
225	FN13	0.41	598.08	32,92	32.08	31.75
226	FE8	0.41	598.30	29,80	28.30	28.17
227	FE12	0.41	598.22	28,71	27.22	27.10
228	FE13	0.41	596.51	39,21	36.51	36.37
229	N295	0.06	647.28	46,97	47.28	47.22
230	N297	0.06	647.05	61,53	62.05	61.98
231	N299	0.06	646.73	67,56	68.23	68.14
232	N304	0.06	598.30	30,81	29.30	29.17
233	N323	0.06	598.23	30,72	29.23	29.10
234	FN1	0.41	647.42	21,26	21.42	21.39
235	FN2	0.41	647.39	31,03	31.25	31.22
236	FN3	0.41	647.41	34,00	34.23	34.22
237	FN10	0.41	594.96	25,89	21.96	21.83
238	N352	0.06	647.42	19,27	19.42	19.39
239	N353	0.06	647.39	24,19	24.39	24.36
240	FN5	0.41	647.17	56,60	57.17	57.11
241	FN9	0.41	647.39	30,24	30.39	30.39
242	N264	0.06	647.49	21,46	21.49	21.49
243	FE2	0.41	647.41	27,21	27.41	27.38
244	N305	1.15	595.93	28,89	25.93	25.76
245	FE9	0.41	595.91	27,85	24.91	24.74
246	FE10	0.41	594.92	26,78	22.92	22.80
247	N170	0.27	594.94	27,22	23.32	23.20
248	N1	0.27	594.92	27,78	23.92	23.80
249	N110	0.27	594.54	27,45	23.58	23.08

250	N311	0.27	594.36	35,88	32.36	31.86
251	FE11	0.41	594.34	37,84	34.34	33.84
252	FN12	0.41	647.41	33,23	33.41	33.37
253	N-EC	0.00	680.44	156,89	156.89	156.89
254	N32	0.00	676.98	111,71	115.06	115.06
255	N123	0.00	675.45	105,55	110.37	110.37
256	N269	0.00	672.70	95,23	102.70	102.70
257	N341	0.00	523.44	0,00	0.00	0.00
258	N280	0.00	672.58	93,98	101.58	101.58
259	N281	0.00	672.19	93,69	101.67	101.67
260	N282	0.00	671.63	89,12	97.63	97.63
261	N283	0.00	670.38	88,01	97.74	97.74
262	N279	0.00	669.38	76,19	86.88	86.88
263	N288	0.00	669.38	76,19	86.88	86.88
264	N356	20.25	669.35	73,65	84.35	84.35
265	N289	0.00	669.38	76,69	87.38	87.38
266	N385	0.00	669.21	76,47	87.21	87.21
267	N383	0.00	669.12	74,36	85.12	85.12
268	N291	0.00	668.96	73,15	83.96	83.96
269	N293	0.00	668.73	63,85	74.73	74.73
270	N398	0.00	668.65	63,74	74.65	74.65
271	N3	0.00	668.59	62,67	73.59	73.59
272	N5	0.00	668.48	61,52	72.48	72.48
273	N6	0.00	668.41	57,43	68.41	68.41
274	N10	0.00	668.34	55,34	66.34	66.34
275	N11	0.00	668.16	50,11	61.16	61.16
276	N13	0.00	668.02	46,92	58.02	58.02
277	N14	0.00	667.87	43,73	54.87	54.87
278	N15	0.00	667.77	42,60	53.77	53.77
279	N17	0.00	667.62	34,01	45.22	45.22
280	N18	0.00	667.44	29,17	40.44	40.44
281	N21	0.00	667.24	29,91	41.24	41.24
282	N22	20.25	667.20	29,86	41.20	41.20
283	FN15	0.41	647.33	43,01	43.33	43.27
284	FN14	0.41	647.38	36,16	36.38	36.34
285	FN16	0.41	647.24	59,79	60.24	60.18
286	N34	0.06	598.21	30,67	29.21	29.09
287	N35	1.47	598.04	32,92	32.04	31.68
288	N38	1.04	594.39	28,24	24.39	23.77
289	N39	1.04	594.34	31,23	27.34	26.71
290	N40	1.14	596.13	39,31	36.13	35.99
291	Hidrante1	1.88	598.37	14,89	13.37	13.25
292	Hidrante4	1.88	598.16	27,57	26.16	26.03
293	Hidrante3	1.88	598.60	19,71	17.60	17.60
294	Hidrante5	2.44	647.26	53,81	54.26	54.20
295	Hidrante6	1.88	647.39	34,68	34.89	34.85
296	Hidrante7	1.88	647.50	21,50	21.50	21.50
297	Hidrante8	1.88	647.42	23,26	23.42	23.39
298	N399	1.14	646.24	51,24	51.24	51.16
299	Hidrante2	1.88	598.08	32,95	32.08	31.75
300	N42	1.47	646.61	64,15	64.96	64.87

301	N43	1.47	646.60	65,77	66.60	66.51
302	N37	0.06	646.92	62,38	62.92	62.85
303	FN6	0.41	646.60	63,79	64.60	64.52
304	FN20	0.41	594.36	28,18	24.36	23.74
305	N41	0.73	597.71	27,72	27.71	27.07
306	FN19	0.41	597.70	27,67	27.70	27.05
307	N44	0.06	598.37	15,39	13.87	13.75
308	N45	0.00	598.37	14,89	13.37	13.25
309	FN11	0.41	647.28	44,92	45.28	45.23
310	N46	0.00	598.60	13,71	11.60	11.60
311	N47	0.00	647.50	21,50	21.50	21.50
312	N48	1.04	594.32	31,17	27.32	26.70
313	N49	0.73	597.71	27,70	27.71	27.06
314	N50	0.00	647.47	19,40	19.47	19.47
315	FE7	0.41	598.31	30,68	29.31	29.16
316	RF2	-56.56	627.00	0,00	0.00	0.00
317	RF1	-18.18	586.60	0,00	0.00	0.00
318	RF3	-40.50	523.44	0,00	0.00	0.00
319	RV1	-14.35	598.60	2,11	0.00	0.00
320	RV2	26.33	647.50	3,50	3.50	3.50

Tabela 5. Resultados das Simulações nos nós nos dois cenários da rede. Fonte: Autor (2022) & Técnica (2019)

ANEXOS



FACULDADE DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS- FET
 Campus Universitário de Lhanguene, Av. do Trabalho nº2482, Cidade de Maputo,
 Cell: +258 82 241 4880/860628899, correio electrónico: secretariaestec@up.ac.mz, website: www.up.ac.mz

CREDENCIAL

A Técnica Engenheiros Consultores, LDA

Credencia-se o(a) Edson Jorge Xavier Castano,
 Portador(a) do Bilhete de Identidade 110101132885 M, emitido pelo Arquivo de
 Identificação Civil de Cidade de Maputo, aos 21 de Junho de 2021
 Filho(a) Xavier Francisco Castano e de Artimiza Jorge Chiziane,
 estudante do 5º Ano do Curso de Engenharia civil, a fim de
 efectuar a recolha de dados para Relatório de estágio, junto aos
 especialistas na área de Engenharia civil minor em hidráulica.

Mais se informa que a duração da consulta será de 155 dias.

Maputo, aos 03 de Setembro de 2021

Chefe de Repartição de PTPs

(Mestre Cacilda Helena Chivai)

