



Universidade de Aveiro
2021

Ricardo Manuel

**Modelação do Sistema de Abastecimento de Água
do Município de Cantanhede recorrendo ao EPANET
2.0**



Universidade de Aveiro
2021

Ricardo Manuel

**Modelação do Sistema de Abastecimento de Água
do Município de Cantanhede recorrendo ao EPANET
2.0**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Doutor António d'Orey de Andrade Campos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha esposa e filhas pelo incansável apoio.

o júri

presidente

Prof. Doutor Fernando José Neto da Silva
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José de Jesus Figueiredo da Silva
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Aos meus orientadores Professor Doutor António d'Orey Andrade Campos, Professora Bernadete Coelho, aos técnicos da INOVA pelo apoio, empenho e conhecimentos demonstrados para o sucesso deste trabalho.

Agradecer também aos familiares, amigos e colegas pela ajuda e apoios prestados durante o percurso académico.

A Universidade de Aveiro/Portugal, Instituto Superior Politécnico de Songo/Moçambique e a Aldina Ferreira, integrante do corpo de Coordenadores do Projeto NICHE sediados na Universidade Eduardo Mondlane/Moçambique pelo apoio académico e moral.

palavras-chave

Sistemas de Abastecimento de Água, Modelo Hidráulico, Eficiência Energética, EPANET, Calibração do modelo.

resumo

A questão da distribuição da água e o consumo energético são dois elementos que não se dissociam quando se trata de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

A construção, manutenção e/ou decisões relevantes a estes estão intrinsecamente ligados ao modo como estes devem funcionar. Reconhecendo que os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) são de elevada importância na socialização e industrialização de todos os Países, a sua implementação depende de estudos robustos.

Antes da construção de uma SAA torna-se importante compreender os consumos no *nexus* água-energia. Neste contexto a modelação (calibração) da SAA torna-se necessária, pois os construtores, governos e tomadores de decisão terão consigo ferramentas que os auxiliem na fiscalização das operações do SAA. Tudo isso acontece com base em conhecimento e previsões que os modelos podem fornecer.

A operacionalização do modelo funde-se com a metodologia usada para a modelação dos SAA, esta se baseou na recolha e tratamento de dados que foram usados para simular o modelo de estudo que recorreu às ferramentas digitais de modelação e gestão de redes que são modelos matemáticos e *softwares* de previsão do comportamento das redes.

O principal objetivo desta dissertação foi o de aplicar o software de modelação EPANET 2.0 ao SAA de Cantanhede. Nesta dissertação o estudo e análise centrou-se na calibração e operacionalização da parte do Sistema para adução em alta.

Após a operacionalização do modelo e analisados os indicadores de eficiência que determinam o bom ou mau funcionamento do sistema, foi possível verificar que o *software* usado é fiável para o estudo e análise da rede hidráulica do SAA de Cantanhede.

As conclusões deste estudo mostram que os modelos matemáticos são eficazes no prognóstico de problemas e desenho de redes de SAA sem que se interfira em seu funcionamento. O modelo EPANET 2.0 envolvido no estudo foi eficiente na calibração para a análise do comportamento da SAA de Cantanhede na sua operação.

Contudo, ainda existe muito trabalho a fazer que envolve o uso sustentável da água visto que a aplicação de medidas de promoção da sustentabilidade energética e hídrica tornam-se um ganho imensurável quer do ponto de vista económico, quer social e do ponto de vista ambiental.

keywords

Water Supply Systems, Hydraulic Model, Energy Efficiency, EPANET, Model Calibration.

abstract

The issue of water distribution and energy consumption are two elements that do not dissociate when it comes to a Water Supply System (WSS).

The construction, maintenance, and/or decisions relevant to these are intrinsically linked to the way they should work. Recognizing that Water Supply Systems (WSS) are of high importance in the socialization and industrialization of all countries, their implementation depends on robust studies.

Before building a WSS, it is important to understand the consumption in the water-energy *nexus*. In this context, the modelling and calibration of the WSS become necessary, because the builders, governments, and decision-makers will have the tools that assist them in the inspection of the WSS operations. All of this happens based on the knowledge and predictions that the models can provide.

The operationalization of the model merges with the methodology used for the modelling of the WSS, this was based on the collection and treatment of data that were used to simulate the study model that used the digital modelling and network management tools that are mathematical models and software to predict the behaviour of networks.

The main objective of this dissertation was to apply the EPANET 2.0 modelling software to the WSS of Cantanhede. In this dissertation, the study and analysis focused on the calibration and operationalization of the part of the System for high adduction.

After the operationalization of the model and the efficiency indicators that determine the good or bad functioning of the system were analyzed, it was possible to verify that the software used is reliable for the study and analysis of the hydraulic network of the WSS of Cantanhede.

The conclusions of this study show that mathematical models are effective in predicting problems and designing WSS networks without interfering with their functioning. The EPANET 2.0 model involved in the study was efficient in the calibration for the analysis of the behavior of the WSS of Cantanhede in its operation.

However, there is still a lot of work to do that involves the sustainable use of water since the application of measures to promote energy and water sustainability become an immeasurable gain, both from an economic, social and environmental point of view.

Índice

Índice	xv
Índice de Figuras	xviii
Índice de Tabelas	xx
Lista de abreviaturas	xxi
Lista de grandezas e unidades	xxi
Glossário	xxii
Capítulo I	1
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e Motivação	2
1.1. Objetivos	3
1.2. Contribuição do trabalho para a entidade gestora do SAA	4
1.3. Esboço da Dissertação.	4
Capítulo II	5
Revisão da Literatura	5
2. Água e Energia	5
2.1. Consumo de Água	6
2.2.1. Consumo de Água em Portugal	7
2.2. Consumo de Energia no Mundo	8
2.3. Sistemas de Abastecimento de Água	9
2.3.1. Sistema em alta e em baixa	11
2.3.1. Componentes do SAA	11
2.4. Tipos de Redes	15
2.5. Parâmetros de dimensionamento de uma rede	16
2.6. Eficiência energética em SAA	19
2.6.1. Bombas	23
2.7. Modelação	26
2.8. Modelos computacionais na simulação hidráulica	29
2.8.1. Modelos de simulação hidráulica	29
2.8.2. Patentes na simulação hidráulica	30
2.8.3. EPANET 2.0	31
2.8.4. Calibração	34
2.8.5. Modelos de Calibração	36
Capítulo III	39
3. Caracterização do SAA de Cantanhede	39

3.1. Sectorização da SAA do Município de Cantanhede	41
3.2. Consumos e perdas	46
3.3. Tratamento de series temporais de caudal e determinação de padrões de consumo.....	47
Capítulo IV	49
4. Operacionalização do modelo	49
4.1. Desenvolvimento, Planeamento e construção do Modelo	49
4.2. Descrição do sistema modelado.....	52
4.2.1. Conduitas	52
4.2.2. Composição das condutas e idade.....	53
4.2.3. Perda de Carga	53
4.2.4. Reservatórios de nível fixo (RNF)	55
4.2.5. Reservatórios de Nível Variável (RNV)	55
4.2.6. Válvulas	56
4.2.7. Estações elevatórias	57
4.2.9. Nós.....	58
4.3. Controlo Operacional.....	58
4.4. Modelo base.....	58
4.5. Identificação e correção de erros de funcionamento do modelo.....	61
4.6. Calibração do modelo e seus procedimentos.	62
4.7. Análise e tratamento dos dados da Concessionaria do SAA de Cantanhede.....	65
4.7.1. Consumos em 5, 6 e 7 de outubro	66
4.7.2. Volume fornecido a jusante do Reservatório de Fontinha	69
4.7.3. Volume fornecido a jusante do Reservatórios de Lemedede, Tocha e Mira.....	70
4.7.4. Volumes fornecidos aos pontos de entrega e saída de caudal da SAA	71
4.6.5. Entrega de Caudal à entrada de reservatórios	71
4.6.6. Entrega de Caudal à saída dos reservatórios	72
4.7. Exploração e análise do modelo estacionário	73
4.7.1. Indicadores.....	73
4.7.2. Resultados do modelo Estático e análise dos indicadores.....	74
4.7.3. Caudal	76
4.7.4. Pressão	76
4.7.5. Perda de carga.....	78
4.7.6. Velocidade	80
4.8. Caracterização dos Cenário Dinâmicos	82
4.8.1. Caracterização das 72 horas de operação.....	82
4.8.2. Caracterização das 48 e 24 horas de operação	85
4.9. Calibração do modelo	86
4.9.1. Análise da calibração do modelo em 48 e 72 horas de operação	87
4.9.2. Análise da calibração em 24 horas de Operação.....	89
4.10. Níveis do reservatório da Fontinha em 24 horas de operação	91
4.11. Resultados da Calibração em 24 horas de operação	92
Capítulo V	99
5. Exploração do modelo e Discussão dos Resultados.....	99

5.1. Análise do desempenho hidráulico e indicadores de eficiência.....	100
5.1.2. Indicador de Caudal	101
5.1.3. Indicador de Pressão	102
5.1.4. Indicador de perda de carga	103
5.1.5. Indicador de velocidade	105
5.2. Operação das bombas	106
5.3. Análise de cenários de funcionamento das Bombas	107
5.4. Custo diário das bombas	108
5.4.1 Cenário real.....	108
5.4.2. Análise do cenário de eficiência energética das bombas.....	110
5.5. Discussão e Comparação de resultados	112
5.6. Conclusão	116
Referências Bibliográficas.....	119
Anexo I – Dados/Bomba para Lemede.....	123
Anexo II – Dados/Bomba para Fontinha.....	129
Apêndice A - Características dos Reservatórios do Município de Cantanhede	134
Apêndice B – Gráficos de Verificação da calibração dos níveis e caudais em 24 horas de operação do SAA de Cantanhede	135
Apêndice C-Ficheiro INP do Modelo Calibrado em 24 horas de Operação	141

Índice de Figuras

Figura 1. Evolução da indicadora água segura entre 1993 e 2019 (ERSAR, 2020).	5
Figura 2. Percentagem de consumo da Água a nível Global e por sectores.	6
Figura 3. Variação da procura anual de água entre 2000 e 2006 (Baptista et al., 2001).....	8
Figura 4. Procura de água por sector (Baptista et al., 2001).....	8
Figura 5. Matriz energética Mundial no ano 2018, adaptado do Google.....	9
Figura 6. Principais elementos dos sistemas de abastecimento de água, com identificação dos componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de medição de caudal	10
Figura 7. Esquematização da adução para múltiplos sistemas de distribuição de água (Silva, 2016).	11
Figura 8. Sistema de Abastecimento de Água, fonte:(SlidePlayer).....	14
Figura 9. Contador de água ou hidrómetro, fonte: (Hidrômetro – Wikipédia, a Enciclopédia Livre.).....	14
Figura 10- Tipos de Redes.....	15
Figura 11. Exemplo de tarifa energética diária, adaptado de Feldman (2009)	20
Figura 12. Exemplo de curva de bombas de velocidade variável, adaptado de Rossman (2005).....	24
Figura 13. Processo de Modelação	27
Figura 14. Aplicações de um modelo de simulação hidráulica de abastecimento de água (adaptado de Olaia, 2012).....	28
Figura 15. Esquema de construção do modelo de um SAA Fonte: Adaptado de (Coelho et al., 2006)	34
Figura 16. Esquema e sectorização da rede de abastecimento de água do município de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013), adaptado de Civil & Martinho (2013).....	40
Figura 17. Sector da Tocha, adaptado de Civil & Martinho (2013)	41
Figura 18. Sector da Fontinha, adaptado de Civil & Martinho(2013)	42
Figura 19. Setor de Lemedé, adaptado de Civil & Martinho (2013)	43
Figura 20. Subsetor de Cadima, adaptado de Civil & Martinho (2013)	44
Figura 21. Subsetor Nordeste, adaptado de Civil & Martinho (2013).....	45
Figura 22. Subsetor de Ançã, adaptado de Civil & Martinho (2013).....	45
Figura 23. Componentes do balanço hídrico do sistema (Alegre et al., 2005)	46
Figura 24.Exemplo de padrões de Consumo para épocas alta e baixa em janeiro e julho do ano 2016, Fonte:INOVA.....	48
Figura 25. percentagem dos materiais das condutas no Município de Cantanhede(INOVA-EM-DS.A.,2013), adaptado de Civil & Martinho (2013)	53
Figura 26. Representação da RNF de Olhos de Ferveça do SAA do Município de Cantanhede.....	55
Figura 27. Representação de uma válvula a montante de um RNV, adaptado de (Pascoal, 2018).....	57
Figura 28. Representação esquemática do Sistema de Adução e distribuição de Água do Município de Cantanhede	60
Figura 29. Dados recebidos da INOVA/SCUBICS, comportamento das adutoras do sistema em alta.	68
Figura 30. Caudal médio diário (m ³ /dia) em função do dia da semana no ano de 2016, Subsistema de Vilamar.....	69
Figura 31. Caudal médio diário (m ³ /dia) em função do dia da semana no ano de 2016, Subsistema de Covões. Fonte: INOVA.....	70
Figura 32.Caudal medio horário (m ³ /h).....	70
Figura 33. Padrões temporais do consumo (m ³ /h) à saída dos reservatórios no modelo dinâmico de 24 horas de operação.....	72
Figura 34. Representação do modelo reduzido (Cenário estático)	74
Figura 35. Valores dos caudais em cenário estático (m ³ /h).....	76
Figura 36. Representação da variável de pressão (mca) dos nós no instante de menor consumo (cenário estático)	77
Figura 37. Valores das pressões da figura 39 em cenário estático (mca).	77
Figura 38. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega do reservatório do Fontinha	78
Figura 39. perfil da carga ao longos das condutas para o ponto de entrega do Reservatório da Tocha.....	79
Figura 40. Perfil de perda de carga ao longo das condutas para o ponto de entrega do Reservatório de Lemedé.....	79
Figura 41. Perfil de carga ao longo das condutas para o ponto de entrega do Reservatório da Mira.	80
Figura 42. Valores das velocidades ao longo das tubagens (m/s).....	81
Figura 43. Dados comparados dos níveis modelados e medido (72 horas de operação).	83
Figura 44. Serie temporal do nó “N10” (Ponto de consumo do setor da Fontinha) em Litros/segundo.	84
Figura 45. Serie temporal dos níveis do reservatório da Fontinha.....	84

Figura 46. Serie temporal dos caudais fornecidos ao reservatório da Fontinha referentes aos caudais observados e modelados em m ³ /h.....	85
Figura 47. Dados comparados dos níveis modelados e medido (48 horas de operação).....	86
Figura 48. Gráficos comparativos dos níveis no Modelo EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).....	87
Figura 49. Erros e correlação em função dos quatro reservatórios observados no modelo EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).....	88
Figura 50. Gráfico da correlação dos dados da calibração dos níveis para os quatro reservatórios no EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).....	88
Figura 51. Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 72 horas.....	88
Figura 52. Gráficos comparativos dos níveis no Modelo EPANET 2.0 (pré-calibração).....	89
Figura 53. Erros e correlação em função dos quatro reservatórios observados no modelo EPANET 2.0 (pré-calibração).....	90
Figura 54. Gráfico da correlação dos dados da pré-calibração para os quatro reservatórios no EPANET 2.0.....	90
Figura 55. Gráficos comparativos entre os níveis medidos e modelados no EPANET 2.0.....	91
Figura 56. Estatísticas e calibração dos níveis do reservatório da Fontinha.....	92
Figura 57. Idade média das tubagens por ZMC (adaptado de Martinho, 2013).....	94
Figura 58. Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 24 horas.....	95
Figura 59. Variação do caudal (m ³ /h) a entrada do reservatório da Fontinha (adução).....	95
Figura 60. Variação do caudal (m ³ /h) no ponto de consumo do setor da Mira.....	96
Figura 61. Variação do nível (m) da água no reservatório da Mira em 24 horas.....	96
Figura 62. Estatísticas da calibração final do modelo.....	97
Figura 63. Mapa de isolinhas do sistema modelado.....	100
Figura 64. Representação dos diâmetros (mm) das condutas.....	101
Figura 65. Caudais à entrada e saída do Reservatório da Fontinha durante 72 horas.....	101
Figura 66. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Fontinha, pós-calibração.....	103
Figura 67. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Tocha, pós-calibração.....	104
Figura 68. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Lemedede, pós-calibração.....	104
Figura 69. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Mira, pós-calibração.....	104
Figura 70. Velocidades da água nas adutoras (m/s).....	105
Figura 71. Velocidades da água nos tubos a jusante dos reservatórios (m/s).....	106
Figura 72. Padrão de consumo associado ao ponto de consumo da Fontinha e padrão do preço de energia.....	108
Figura 73. Padrão de consumo associado ao ponto de consumo de Lemedede e padrão do preço de energia.....	108
Figura 74. Simulação do gasto energético das bombas elevatórias para os reservatórios da Fontinha e Lemedede pelo EPANET 2.0.....	109
Figura 75. Representação temporal da variação dos níveis do tanque de Lemedede a velocidade nominal N.....	109
Figura 76. Representação temporal da variação dos níveis do tanque da Fontinha a velocidade nominal N.....	110
Figura 77- Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 24 horas.....	135
Figura 78. Variação do caudal (m ³ /h) no ponto de consumo do setor da Fontinha.....	135
Figura 79. Variação do caudal (m ³ /h) a saída do reservatório da Fontinha.....	136
Figura 80. Variação do nível (m) da água no reservatório de Lemedede em 24 horas.....	136
Figura 81. Variação do caudal (m ³ /h) no ponto de consumo do setor da Fontinha.....	137
Figura 82. Variação do caudal (m ³ /h) a saída do reservatório de Lemedede.....	137
Figura 83. Variação do nível (m) da água no reservatório da Tocha em 24 horas.....	138
Figura 84. Variação do caudal (m ³ /h) no ponto de consumo do setor da Tocha.....	138
Figura 85. Variação do caudal (m ³ /h) a saída do reservatório da Tocha.....	139
Figura 86. Variação do nível (m) da água no reservatório da Mira em 24 horas.....	139
Figura 87. Variação do caudal (m ³ /h) no ponto de consumo do setor da Mira.....	140
Figura 88. Variação do caudal (m ³ /h) a saída do reservatório da Mira.....	140
Figura 89. Esquema do modelo de calibração em 24 horas de operação.....	141

Índice de Tabelas

Tabela 1. Valores dos consumos da Água.....	6
Tabela 2. Formulas para o calculo de perda de carga hidraulica em condutas (Rossman, 2005)	13
Tabela 3. Comparação qualitativa de redes.....	16
Tabela 4. Principais grandezas a considerar.....	17
Tabela 5. Critérios de Referência para fixação de caudais unitários de percurso	18
Tabela 6. Fatores intervenientes da Gestão de perdas de água (Sobrinho & Borja, 2016)	21
Tabela 7. Alta e Baixa -Valores de referência [kWh/ (m ³ .100)].	23
Tabela 8. Objetos físicos do modelo EPANET 2.0 (Coelho et al., 2006)	33
Tabela 9. Objetos não físicos do modelo de simulação EPANET 2.0 (Coelho et al., 2006)	33
Tabela 10. Consumos base associados aos pontos de consumo em 24 horas de operação	47
Tabela 11. Reservatórios e respetivos pontos de Consumo/Entrega do SAA.	52
Tabela 12. Rugosidade dos materiais (Wren, 2003)	54
Tabela 13. Características dos reservatórios a modelar	56
Tabela 14. Volumes recebidos, Fonte:INOVA	71
Tabela 15. Diâmetros das condutas e sua extensão.....	73
Tabela 16. Resultados dos nós (Cenário estático, consumo base = 1)	75
Tabela 17. Resultados de alguns trechos (Cenário estático, consumo base 1).....	75
Tabela 18. Diâmetros calibrados dos reservatórios.....	92
Tabela 19. Curvas calibradas das bombas.....	92
Tabela 20. Diâmetros dos tubos e rugosidade calibrados	93
Tabela 21. Categorias e exemplos de indicadores utilizados em Portugal.....	99
Tabela 22. Sistema elevatório da ETA de Olhos de Fervença	107
Tabela 23. Dados das bombas elevatórias para as RNVs de Lemed e Fontinha	111
Tabela 24. Cenários modelados, padrões e resultados dos custos diários.....	111
Tabela 25. Elevação dos terrenos (m)	114
Tabela 26. Comparação entre SAA de Cantanhede e Carvoeiros dos indicadores de eficiência...	114
Tabela 27. Características dos tanques e reservatórios do Município de Cantanhede	134

Lista de abreviaturas

ADENE	Agência para Energia
AIE/IEA	Agência Internacional de Energia
BRC	Bomba de Rotação Constante
BRV	Bomba de Rotação Variável
CE	Comunidade Europeia
CN	China
CSV	Comma Separated Values
DR	Decreto Regulamentar
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA	Estação de Tratamento de Água
FFD	Ferro Fundido
GIS	Geographical Information System/ Sistema de informação Geográfica
INE	Instituto Nacional de Estatística
INOVA	Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede,
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia de Portugal
PEAD	Polieteno de Alta Densidade
PIB	Produto Interno Bruto
PORDATA	Base de dados de Portugal
PVC	Policloreto de Vinilo
RNF	Reservatório de nível fixo
RNV	Reservatório de nível variável
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SCUBICS	Smart Software Solutions-Empresa de software
Tb	Tubo
USEPA	United States Environmental Protection Agency/Agência dos Estados Unidos de Proteção Ambiental

Lista de grandezas e unidades

Re	Número de Reynolds
GWh	Giga Watt hora-unidade de medida energética
hab/há	Habitantes por hectare
km	Quilometro-unidade de medida de comprimento
km ²	Quilometro Quadrado-unidade de medida de área
kPa	kilo Pascal-unidade de medida da pressão
kWh	kilo Watt hora-unidade de medida energética
m/s	Metro por segundo-unidade de medida da velocidade
m ³ /h	Metros cúbicos por hora-unidade de medida de volume
mca	Metro de coluna de água-unidade de medida de pressão
mm	Milímetro-unidade de medida de comprimento
rpm	Rotação por minuto-unidade de medida de velocidade

Glossário

Algoritmo: É uma sequência finita de um conjunto de instruções que visam obter uma solução para um determinado tipo de problema. Os algoritmos são procedimentos precisos, eficientes e corretos.

Calibração do Modelo: É o procedimento de correção e definição de parâmetros para a obtenção de uma melhor adequação do modelo a realidade.

Componente: É um elemento acessório que integra um sistema complexo.

Consumo: É uma atividade económica que consiste na utilização, destruição ou aquisição de bens ou serviços. Este ato pode ser efetuado pelas famílias, empresas ou outros agentes económicos, tornando-se estes consumidores, permitindo também satisfazer as respetivas necessidades.

Design: É a idealização, criação, desenvolvimento, configuração, concepção, elaboração e especificação de produtos, normalmente produzidos industrialmente.

Diretiva: É uma instrução ou norma que deve orientar uma ação ou atividade.

Função objetivo: É uma função matemática que define a qualidade da solução em função das variáveis de decisão.

Modelação: É o ato de reproduzir com exatidão um objeto.

Modelo Matemático: É a descrição de um sistema recorrendo a expressões matemáticas que permitem fazer previsões sobre o seu comportamento.

Nexus: É a ligação entre duas ou mais palavras, podendo ser também a ligação entre várias coisas.

Otimização do Modelo: É um procedimento matemático utilizado para determinar alocação ótima de recursos escassos e é obtida quando houver a necessidade de maximizar ou minimizar uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições que limitam as variáveis dessa função.

Parâmetro: É um valor, proveniente de uma variável ou de uma expressão complexa, que pode ser passado para uma função interna (sub-rotina), que utiliza os valores atribuídos aos parâmetros para alterar o seu comportamento durante um tempo de execução.

Sistema: É um conjunto de elementos interdependentes, no sistema de abastecimento de água estes elementos são referentes as bombas, tubagens, contadores e reservatórios.

Software: É a parte logica de um computador (programa).

Validação: Termo que se refere a uma segunda etapa de calibração em que se comparam os resultados do modelo com um segundo conjunto de valores observados

Variáveis de Decisão: São as incógnitas a serem determinadas pela solução de um modelo

Variáveis de Estado: São a menor quantidade de variáveis do sistema que conseguem representar todo o estado em qualquer momento.

Neste Capítulo é feita a introdução sobre o *nexus* energia-água e os sistemas de distribuição da água, o enquadramento e a motivação para a presente dissertação. São estabelecidos os objetivos gerais e específico que devem ser alcançados, faz-se também uma visão do contributo que o trabalho desenvolvido pretende alcançar.

1. Introdução

O dinamismo das sociedades caracteriza-se pela sua imposição aos fenómenos naturais, aos quais sempre foi feita uma luta contra a energia emanada por estes fenómenos. Podem-se destacar como fenómenos energéticos os trovões, as quedas de água, as queimadas que representam a perda de energia e vários outros fenómenos.

No contexto das sociedades Humanas as fontes de energia foram sempre tidas como um canhão para o desenvolvimento, na medida em que iam sendo descobertas e usadas, elas imprimiam novos rumos para a evolução da sociedade humana (Carvalho, 2014).

As sociedades desenvolvidas e subdesenvolvidas, deixaram de medir o seu desenvolvimento com o consumo exacerbado de energia, pois os cenários de alto consumo de energia eram chamados de "cenários otimistas", quando, na verdade, deveria ser o oposto.

Ficou evidente que os cenários acima, além de implicarem maiores agressões ao meio ambiente, exigiram grandes sacrifícios da sociedade (Carvalho, 2014).

É certo que o desenvolvimento das sociedades ainda subdesenvolvidas requer um consumo de energia crescente em termos *per capita*; entretanto, uma vez alcançada uma razoável qualidade de vida, esse consumo pode estabilizar-se.

Mas para tal estabilização, melhores opções de consumo energético serão sempre o guia das sociedades humanas, poupar e consumir energia de qualidade estará ligado ao *nexus* energia-água, pois, escolher uma opção, implementar a decisão, acompanhar o processo e aprender com os resultados. São etapas que as pessoas, consciente ou inconscientemente, cumprem no seu dia-a-dia quando procuram, por exemplo, por um trajeto mais curto, produzir mais e melhor dentro do mais curto espaço de tempo ou baixar as faturas da água, eletricidade e gás domésticos (Tavares, 2012).

Nesse contexto, poupança será certamente uma palavra que define de forma exata a opção de eficiência energética que as Sociedades Humanas se propõem a fazer principalmente tratando-se da questão de sobrevivência como o são o *nexus* água-energia.

Nesse âmbito para ADENE (2018), o gasto energético para a produção da água corresponde a quase 2% do total de energia produzido em Portugal. Isso mostra o quanto é importante o estudo de metodologias que afigurem a poupança energética dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) devido ao crescente consumo deste precioso líquido que de

gerações em gerações tem tido a tendência de escassear (Carvalho, 2014; Olaia, 2012; SOARES & Reis, 2004).

Com o crescente consumo de água devido ao aumento do contingente populacional das cidades, há uma urgente necessidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos, explorando novas fontes hídricas sem o desperdício energético.

Pois a realidade mostrou que é dispendiosa esta exploração que fica intimamente ligada a poupança de recursos naturais cada vez mais escassos.

Nisto, a distribuição de água através de redes hidráulicas, prática antiga e comum, pode ser considerada o primeiro passo importante na obtenção de um sistema de abastecimento de água eficiente. Sendo que se leve em consideração as redes de distribuição de água para abastecimento ajustando-as a elementos essenciais ao desenvolvimento urbano sustentável.

Os sistemas de distribuição de Água ou Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) representam um grande do consumo energético e custos associados.

Para a redução do custo operacional de um SAA várias técnicas podem ser aplicadas, neste caso evidenciam-se técnicas como o uso de energias renováveis, técnicas de otimização ou redução do consumo energético em estações de bombagem ou ainda o uso de *softwares* de gestão da rede de SAA, comumente conhecidos como Modelos hidráulicos.

1.1. Enquadramento e Motivação

A água é um composto vital que está presente nos organismos vivos ocupando 70% do organismo humano. Esta possui um enorme valor económico, ambiental e social, fundamental à sobrevivência do Homem e dos ecossistemas no nosso planeta.

Com o aumento do consumo mundial da água tornou-se imperioso fazer-se uma revisão sobre as questões ligadas a sistemas eficientes de distribuição. De tal forma que à nível das Nações, através do Banco Mundial, em 1995, terá feito um prognóstico de que esta vai ser um dos motivos para o surgimento de uma terceira Guerra Mundial devido as previsões de escassez a longo prazo (DIAS, 1995).

De acordo com a Agência Internacional da Energia (AIE), o setor das águas foi e continua sendo responsável por 4 % do consumo mundial de eletricidade (consumo equivalente ao da Rússia), devendo este valor duplicar até 2040. Ainda de acordo com a referida Agência, os custos com a energia elétrica no setor das águas corresponderam continuamente entre 30 % a 50 % dos custos totais suportados pelas entidades municipais, a nível mundial. Em Portugal, o setor das águas é responsável por um consumo de energia elétrica superior a 1000 GWh/ano, valor correspondente a mais de 2 % do consumo total de energia elétrica. A este consumo está associada a emissão de mais de 470 mil toneladas de CO₂ (Santos et al., 2018).

Como consequência, a disponibilidade da água depende da sua existência, do poder económico e social das comunidades. A União Europeia propôs um instrumento político na

região com vista a gestão da água que foi a DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de outubro de 2000 que estabeleceu um quadro de Ação comunitária no domínio da política da água a qual considerou que na Comunidade a água encontra-se sujeita a uma pressão crescente, devido ao contínuo aumento da procura de quantidades suficientes de águas de boa qualidade para diversos fins (Oficial et al., 2000). Esta diretiva foi transposta para a legislação Portuguesa pelo Decreto-Lei 58/2005 de 29 de dezembro que passa pela sustentabilidade e garantia da provisão da água às populações em quantidade e qualidade.

No contexto da sustentabilidade do *nexus* água-energia, já foram criadas políticas e tecnologias que podem ajudar a facilitar pontos de estrangulamento e reduzir o consumo nos dois setores, o que significa que a água não precisa de ser um fator limitante para o setor energético e o aumento do consumo de água não precisa ser acompanhada por um aumento igual no consumo de energia (IEA, 2016).

A eficiência e a sustentabilidade energética têm um papel cada vez mais preponderante em qualquer empresa de abastecimento de água. Globalmente, cerca de 35% de todas as despesas com o abastecimento de água estão relacionadas com energia, o que corresponde a cerca de €12 mil milhões gastos anualmente, servindo essencialmente para transportar água desde a fonte até ao consumidor final. E, esta tendência tem vindo a intensificar-se devido à subida de preços da energia e ao crescimento da população mundial.

Um dos maiores obstáculos para uma maior eficiência em redes de distribuição de água está diretamente relacionada com a complexidade dos sistemas, quer em termos de configuração das redes quer no número de variáveis a controlar, e também devido aos baixos níveis de flexibilidade de operação deste tipo de sistemas.

Os sistemas de abastecimento de água são sistemas críticos. Como tal, não é possível testar novas soluções de operação sem colocar em risco a operacionalidade mínima do sistema. Deste modo, a modelação numérica (simulação computacional) é uma ferramenta que poderá ser utilizada para testar soluções de operação para sistemas mais eficientes.

Consciente dos custos energéticos de produção e distribuição da água no SAA de Cantanhede propus-me a entender, desenhar e calibrar este sistema com recurso ao software de simulação computacional, o EPANET 2.0 (<https://www.epa.gov/water-research/epanet>) que é o simulador hidráulico mais utilizado atualmente e permite de uma forma intuitiva criar o modelo hidráulico de qualquer rede de abastecimento de água.

1.1. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo geral a Modelação do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Cantanhede recorrendo ao EPANET 2.0. em 24 horas de operação.

Define-se como objetivo específico desta dissertação:

- Formulação do modelo, calibração e análise possíveis mudanças no SAA modelo.

1.2. Contribuição do trabalho para a entidade gestora do SAA

A questão de investigação do presente trabalho esta relacionada com a poupança energética no SAA.

Sabe-se que nos SAA, o elemento que consome energia ao longo do processo de distribuição, são as bombas hidráulicas fazendo com que a questão energética nos troços tenha um impacto significativo na gestão, distribuição e venda de água potável as comunidades consumidoras do SAA.

É relevante o estudo da poupança energética. O setor das águas é responsável por 4 % do consumo mundial de eletricidade (consumo equivalente ao da Rússia), devendo este valor duplicar até 2040.

Este trabalho de análise, vai contribuir no estudo e entendimento das variáveis que contribuem para a eficiência da rede com o recurso a um modelo através do Software EPANET 2.0, que visará modelar e estabelecer balizas científicas para o entendimento do problema da distribuição de água, com enfoque na poupança energética do SAA e contribuindo para o conhecimento científico dentro área de modelação.

1.3. Esboço da Dissertação.

Estruturalmente a dissertação esta dividida em capítulos.

Capítulo I - Constituído pela introdução, enquadramento, motivação, objetivos e esboço da dissertação.

Capítulo II - Reservado ao levantamento do estado de arte: Visão geral do setor das águas e Energia, Sistemas de Abastecimento de Água na qual se descreve uma rede de abastecimento de água, levantamento da eficiência energética nas redes. De forma geral aborda-se a modelação e sua caracterização, levantamento de alguns modelos usados no mercado para a gestão e estudo dos SAA e levantamento sobre o modelo computacional EPANET 2.0 e as suas características.

Capítulo III – Reservado a caracterização do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Cantanhede.

Capítulo IV – Reservado a aspetos de operacionalização e calibração do modelo. Também foi feita a análise aos dados fornecidos pela INOVA/SCUBICS e a análise ao sistema após a calibração, bem como são apresentados os resultados de todo processo.

Capítulo V – Reservado a análise, discussão e conclusões das abordagens encontradas no modelo obtido. Nesta fase foi possível afirmar que o simulador EPANET 2.0 é fiável na representação e análise do SAA de Cantanhede.

Revisão da Literatura

Neste capítulo foi feita a revisão literária sobre o consumo geral da água e energia, abordagem sobre os sistemas de Abastecimento da Água, a eficiência energética, a modelação dos sistemas hídricos, calibração e os principais métodos de calibração.

2. Água e Energia

O consumo exacerbado de recursos naturais que se verificam no contexto global contribuiu para a degradação do meio ambiente e conseqüentemente para a escassez de recursos. Contribuem para este impacto o crescimento económico, a crise energética e os impactos das alterações climáticas que se têm vindo a sentir ao longo dos últimos anos, o que torna mais complexa a interdependência entre energia e água. O processo de produção da água tem associado a captação, processamento, distribuição e o consumo final, todos estes requerem o consumo de eletricidade e outros recursos que podiam ser desviados a outros setores municipais (Soares, 2015).

Em Portugal o abastecimento e o saneamento das águas registaram um aumento acentuado de consumo entre 1993 e 2019, permitindo com que fossem melhorados os indicadores de qualidade em cerca de 99%. Nesse período, e a partir de 2017 as empresas produtoras e gestoras das águas têm pautado por um conjunto de soluções ambientais que estão alinhadas com as políticas para elaboração de sistemas mais eficientes no âmbito energético e ambiental (ERSAR, 2020).

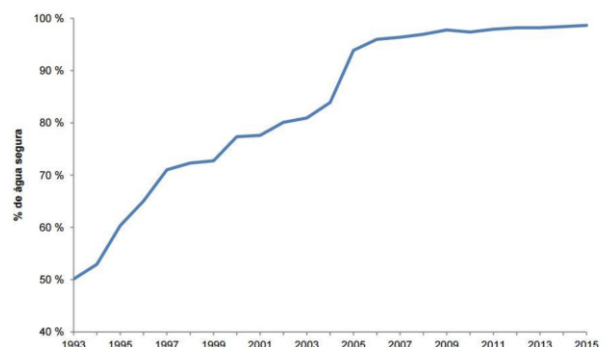


Figura 1. Evolução da indicadora água segura entre 1993 e 2019 (ERSAR, 2020).

No contexto de Portugal, o consumo de energia e água correspondeu a 3.1% do PIB total de 205 184,4 milhões de euros no ano de 2018, em comparação com o ano de 2000 que foi de 2.2% do PIB de um total de 128 414,4 milhões de euros (INE/PORDATA, 2020). Esta equiparação mostra o aumento do consumo energético de 2 825,1 milhões para 635 960,0 milhões de euros entre os anos 2000 e 2018.

Para Soares (2015), de forma a suprir as necessidades de procura de água nos sistemas de abastecimento que acabaram por sofrer uma expansão demasiado rápida e desordenada, faz-se necessário o uso de sistemas eficientes de distribuição da água.

2.1. Consumo de Água

A Terra é coberta por 97.5% de água, sendo 2.5% correspondente a água doce. A água doce reparte-se em : 68,9% correspondem às geleiras e calotas polares situadas em regiões montanhosas; 29,9% são águas subterrâneas; 0,9% compõe a humidade do solo e pântanos e apenas 0,3% constitui a água doce armazenada nos rios e lagos, efetivamente disponível para uso em diferentes atividades (Newman, 2010), figura 2 (a).



Figura 2. Percentagem de consumo da Água a nível Global e por sectores.

No que se refere ao consumo da água, segundo o sitio do Mundo Educação, a maior parte da utilização da água é realizada pela agricultura, que detém 70% do consumo; seguida pela indústria, que detém 22%; e pelo uso doméstico e comercial com 8% (Newman, 2010). Nos países subdesenvolvidos a média é diferente: a agricultura representa 82%; a indústria, 10%; e as residências, 8% (veja figura 2b). Por razões económicas, estruturais e sociais, os países desenvolvidos consomem muito mais água do que os subdesenvolvidos e emergentes, tanto nas práticas económicas quanto no uso direto individual.

A medida que alguns países emergentes promovem uma melhoria socioeconómica, o potencial de consumo de água terá tendência crescente, na tabela abaixo confere-se o potencial de consumo global da água:

Tabela 1. Valores dos consumos da Água

Ano	Água consumida (km ³ /ano)
1900	580
1950	1400
2000	4000
2025 (estimativa)	5200

Fonte: Organização das Nações Unidas

Os dados foram produzidos pela ONU (Organização das Nações Unidas) e foi previsto que para o ano de 2025 o consumo mundial da água poderá chegar aos 5200 km³/ano o que equivale a uma alta de 1,3 vezes em um período de 25 anos. Estas tendências de consumo podem provocar *estresse* hídrico – isso acontecerá quando o consumo da água for superior à capacidade de renovação local.

2.2.1. Consumo de Água em Portugal

O aumento do abastecimento de água em Portugal e na Europa propiciou a criação pelos governos de leis específicas que definissem os processos de tomada de decisão na monitoria do setor de água. O serviço público de abastecimento de água Português sofreu profundas modificações desde a retirada parcial das direções locais na gestão das Águas passando para uma gestão pública com entrada em vigor do Decreto-Lei n^o 372/93 de 29 de outubro de 1993. A posterior foi criado o Decreto-lei n^o 23/95 de 23 de agosto de 1995 que estabeleceu o regulamento destes sistemas (Gonçalves, Santos, Bairrinho, & Ferreira, 2012).

A verificação da gestão de todo processo desde a captação da água até ao descarte dos resíduos em todo o sistema nacional de água e saneamento é feita pela ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos) que foi criado em 2006 pela Lei Orgânica do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. Esse processo aconteceu através do Decreto-Lei n. 207/2006, de 27 de outubro e operacionalizado pelo Decreto-Lei n. 277/2009, de 2 de outubro (Soares, 2015).

O crescente aumento dos valores de captação de água entre 2014 e 2018 mostrou a evolução e o crescente consumo de água em Portugal. A partir de 2014, o total de água proveniente de captações licenciadas rondava os 70 %, ao passo que em 2018, essa percentagem aumentou para 77 % (ERSAR, 2019).

Segundo os dados do portal PORDATA os valores da água consumida em Portugal entre o ano de 1991 e 2006 foram respetivamente de 785 040 milhões metros cúbicos e 910 900 milhões metros cúbicos o que correspondeu a um acréscimo de consumo de 16 %. Do ano 2000 até ao ano 2009 pela aplicação de medidas mitigadoras e de eficiência verificou-se baixo consumo do líquido por setores (Baptista et al., 2001).

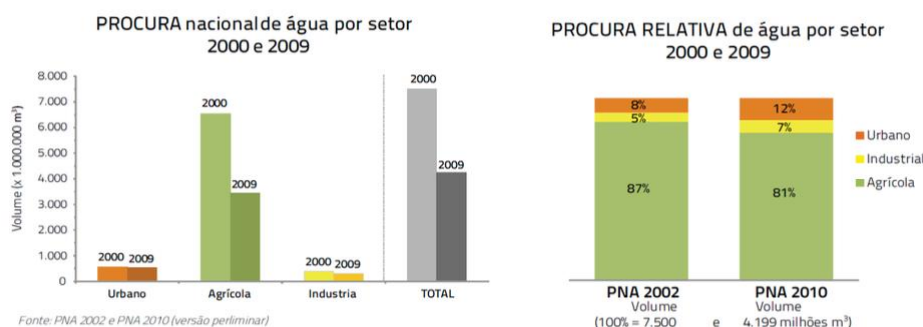


Figura 3. Variação da procura anual de água entre 2000 e 2006 (Baptista et al., 2001)

No ano 2000, o setor Industrial foi o que menos custos teve dos 1 800 000 000 de Euros de custos efetivos inerentes ao consumo de água com 26%, o setor agrícola com 28% e o setor urbano com 48%, figura 4:

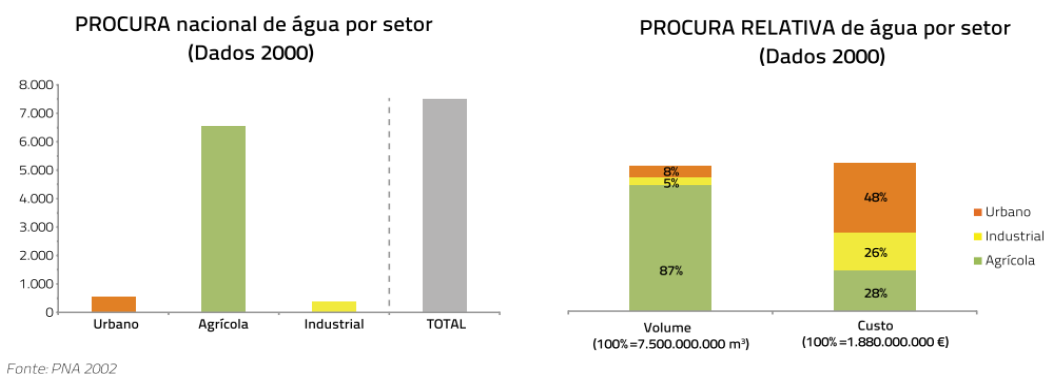


Figura 4. Procura de água por sector (Baptista et al., 2001)

2.2. Consumo de Energia no Mundo

O Consumo energético depende das **fontes de energia** que são recursos naturais ou artificiais utilizados pelas sociedades para produção de algum tipo de energia, por sua vez, é utilizada para propiciar o deslocamento de veículos, gerar calor ou produzir eletricidade para os mais diversos fins.

No contexto global as fontes de energia possuem relações com questões ambientais, pois, dependendo das formas de utilização dos recursos energéticos, podem advir graves impactos sobre a natureza.

O principal desafio, no entanto, é explorar os caminhos para a sustentabilidade e eficiência energética, a energia pode ser classificada como renovável e não renovável. Neste sentido, as fontes renováveis de energia são aquelas que possuem a capacidade de serem repostas naturalmente, o que não significa que todas elas sejam inesgotáveis. O vento e a luz solar, são permanentes, mas outras, como a água, podem acabar, dependendo da forma como são usadas pelo ser humano, no entanto, as fontes não renováveis de energia são aquelas que poderão esgotar-se em um futuro relativamente próximo. Alguns recursos energéticos, como o petróleo, possuem seu esgotamento estimado para algumas poucas décadas, o que eleva o caráter estratégico desses elementos.

Na configuração da matriz energética mundial, 2.5% da energia provem de hidroelétricas definindo que a água tem variados impactos energéticos para além do seu consumo (Veja figura 5).

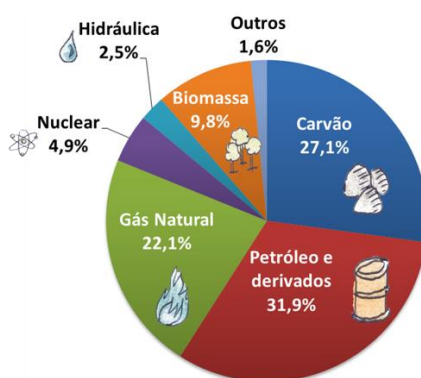


Figura 5. Matriz energética Mundial no ano 2018, adaptado do Google

A produção e distribuição da água consomem entre 2% e 3% da energia produzida no mundo, esse consumo tem se verificado nos sistemas de bombagem e tratamento de água para residências e indústrias. O consumo de energia tem relação direta com as perdas de água, sendo que é necessário cerca de 0.6 a 0.7 kWh para produzir 1 m³ de água potável (Sobrinho & Borja, 2016).

2.3. Sistemas de Abastecimento de Água

A finalidade dos sistemas municipais de distribuição de água, definidos como conjuntos de tubagens e elementos acessórios, é transportar água potável de uma instalação de tratamento de água até às residências dos consumidores e às instalações dos agentes económicos, educativos, desportivos, culturais e demais (Vilas-Boas, Manuel, & Figueiredo, 2008). O sistema de abastecimento de água pode apresentar diferenças

construtivas significativas, consoante a dimensão do aglomerado populacional que se pretende abastecer.

Na maioria das civilizações que foram se seguindo, sempre houve a preocupação com as questões de saúde e saneamento do meio, mesmo que o interesse estivesse entre as elites da época. Nisto a água sempre foi identificada como um vetor de doenças, para colmatar tais factos, algumas sociedades construíram sistemas de abastecimento de água e de gestão de esgotos ainda que rudimentares e que evoluíram até a época atual.

A gestão destes sistemas era manual com princípios de cálculos desenvolvidos para a predição da distribuição das águas. Na atualidade os Sistemas de Abastecimento de Água são geridos tanto manualmente ou por apoios utilizando *softwares* de gestão hídrica.

Contudo, o conjunto de elementos acessórios não são mais do que componentes físicos da rede, como por exemplo: uma válvula, um troço de conduta, sem qualquer ligação ao exterior ao longo do seu desenvolvimento e cujo comportamento hidráulico está perfeitamente definido (Jorge & Chaveiro, 2018).

A figura 6, representa os elementos de um SAA na rede de distribuição destacam-se três principais zonas características: sistema de tubagens, estações de bombagem e zonas de armazenamento. O sistema de Abastecimento de Água tem seus constituintes que possibilitam o seu funcionamento e é com estes elementos do Sistema de Abastecimento de Água que é criado o modelo para a modelação no EPANET 2.0.

A seguir são descritos os componentes do SAA.

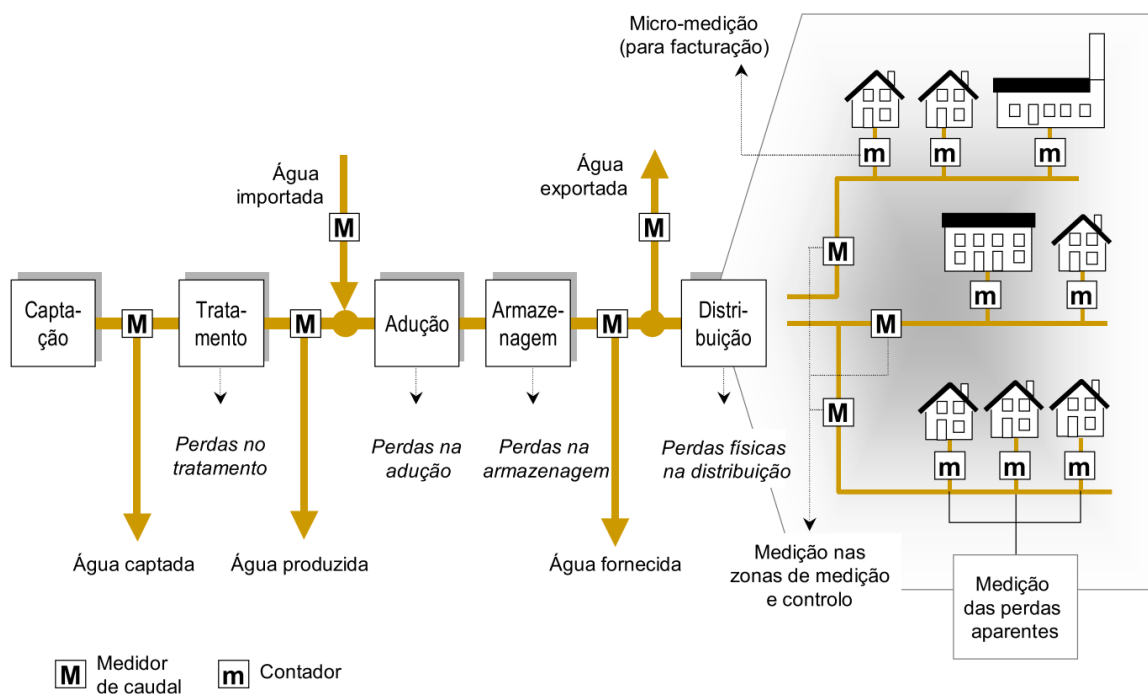


Figura 6. Principais elementos dos sistemas de abastecimento de água, com identificação dos componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de medição de caudal

2.3.1. Sistema em alta e em baixa

Segundo Olaia (2012), os SAA subdividem-se em sistemas em alta ou adução e sistemas em baixa ou distribuição, sendo que os sistemas em alta que são constituídos por um conjunto de elementos a montante da rede de distribuição de água e os sistemas em baixa são constituídos por um conjunto de elementos que ligam o sistema em alta ao utilizador final. O sistema de abastecimento de água presta um serviço em alta e em baixa, sempre que vincula o meio hídrico a um utilizador final.

Pelo glossário da ERSAR, os sistemas em alta podem ser detidos por uma entidade que gere desde o represamento, à captação, à elevação, ao tratamento, ao armazenamento e à adução de água para consumo público. No que se refere aos sistemas em baixa este pode ser detido por outra entidade que se responsabiliza pelo armazenamento, à elevação e à distribuição de água para consumo público aos sistemas prediais, aos quais liga através de ramais de ligação. Numa perspetiva de entender o sistema em alta e em baixa, observe-se a figura 7:

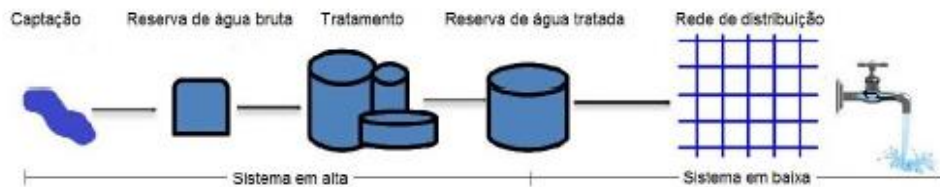


Figura 7. Esquemática da adução para múltiplos sistemas de distribuição de água (Silva, 2016).

2.3.1. Componentes do SAA

Se verifica que a infraestruturção de uma SAA tem a capacidade de produzir e distribuir um bem de valor estratégico para o consumo humano, à água, que tem um alto valor comercial. Este tipo de infraestrutura agrega um conjunto de elementos ligados entre si. Os seus componentes abarcam todo um ciclo de operações que subdividem-se em cinco fases a saber (Jorge & Chaveiro, 2018; Vilas-Boas et al., 2008):

- Origem (conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a tomada/captação de água), tratamento (melhoria das características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico e organolético);
- Transporte (transporte da água a partir da captação ou da fase de Tratamento);
- Armazenamento e Distribuição/Utilização (condução da água para os edifícios e pontos de consumo).

Existe divisão dos componentes, em físicos e não físicos, os elementos físicos do sistema podem ser constituídos por exemplo: uma válvula, um troço de conduta, reservatórios e bombas. Para componentes não físicos temos como exemplo: curva de uma bomba, perda de carga e controlos operacionais (Jorge & Chaveiro, 2018; Rossman, 2005)

Dos elementos físicos destacam-se:

- a) Os reservatórios de nível fixo (RNF): são nós especiais que representam pontos de origem da água, tais como aquíferos, rios e lagos ou ainda estações de tratamento de água (ETA);
- b) Reservatório de nível variável (RNV). Este é um elemento usado para o armazenamento da água, sendo que existindo caudal no reservatório então haverá dependência com o tempo. Toma-se em conta no dimensionamento a forma, o diâmetro, os níveis mínimo e máximo para a operação do reservatório bem como o nível inicial. A variação do nível é verificada pela fórmula:

$$\Delta y = \frac{Q}{A} \Delta t \quad (1)$$

Onde: Q -caudal, Δt – variação do tempo e A – área de secção

- c) Bombas. Troços da rede que transferem energia para o escoamento, aumentando a sua carga hidráulica, cada bomba é atribuída uma curva característica que descreve a carga aplicada ao fluido em função do caudal e caracterizada pela fórmula:

$$H = a - bQ^n \quad (2)$$

Onde: H - altura manométrica para elevação do caudal de água pela bomba. Q , a , b , e n são coeficientes característicos de cada bomba. As curvas características impõem o limite funcionamento e estas podem funcionar em velocidade constante ou variável.

- d) Válvulas. Dispositivos usados para regular as pressões e caudais bem como abrir e fechar tubagens.
- e) Conduas e Ramais. Onde acontecem as perdas de carga devido a rugosidade nas superfícies internas das tubagens (atrito) caracterizado pela fórmula:

$$H_L = aQ^b \quad (3)$$

Onde: H_L – corresponde a perda de carga hidráulica, Q – caudal, a – coeficiente de perda de carga e b – expoente de caudal.

As forças resistentes nas tubagens realizam trabalho que se converte em perda de carga e são calculadas pelas fórmulas:

1. Fórmula de Hazen-Williams: para cálculo de perdas de carga em sistemas sob pressão. Apesar de ser a fórmula mais utilizada, está e válida apenas para a água e foi desenvolvida especialmente para escoamento turbulento e de transição.

2. Fórmula de Darcy-Weisbach: teoricamente é a mais correta e adapta-se a todo o tipo de líquidos e escoamento.

3. Fórmula de Chézy-Manning: utiliza-se em problemas de escoamento turbulento e rugoso.

Resumidamente as fórmulas podem ser vistas do seguinte modo na tabela 2:

Tabela 2. Formulas para o calculo de perda de carga hidraulica em condutas (Rossman, 2005)

Formula	Termo de Perda de Carga(A)	Expoente de Caudal(B)
Hazen-Williams	$10.674 \cdot C C^{-1.852} \cdot d^{-4.871} \cdot L Q^{1.852}$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 \cdot f(\epsilon, d, Q) \cdot d^{-5} \cdot L Q^2$	2
Chezy-Manning	$10.29 n^2 \cdot d^{-5.33} \cdot L Q^2$	2

C = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams

ϵ = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach) (mm)

f = fator de Darcy-Weisbach (depende de ϵ , d e q)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

d = diâmetro da tubulação (m)

L = comprimento da tubulação (m)

q = caudal (m^3/s).

As tubagens e seus efeitos desempenham um papel importante para as fórmulas de perda de carga, influenciam nos coeficientes (C , ϵ e n), que dependem dos materiais das tubagens e o tempo de uso, dos intervalos de variação destes tubos bem como do fator de Darcy-Weisbach. Diferente das perdas de carga da fórmula três (3) consideram-se também as perdas de carga localizadas relacionadas a turbulência em estreitamentos principalmente em condutas de menor dimensão sendo que a fórmula de cálculo destas é a seguinte:

$$H_L = \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Onde: v – velocidade de escoamento, k – é o coeficiente de perda de carga localizada e g – aceleração de gravidade. Tome-se em atenção que K depende da geometria da singularidade, do número de Reynolds e, em alguns casos, de determinadas condições de escoamento.

O processo de construção e infraestruturação do SAA obedece a regras bem específicas desde a escolha dos locais das captações com base em estudos geotécnicos para a verificação da disponibilidade de água no solo e subsolo, verificação da qualidade das águas que a posterior podem sofrer um Tratamento em ETAR se não estiverem reunidas as condições de potabilidade da água. Em termos médios as captações, ou reservas estratégicas, deverão ser 40% maiores que o seu uso, devendo o seu escoamento anual acessível e renovável ser utilizado até um intervalo máximo de 17 a 20% (Jorge & Chaveiro, 2018; Marques & Sousa, 2011). Na figura 8, veja-se um exemplo do SAA:

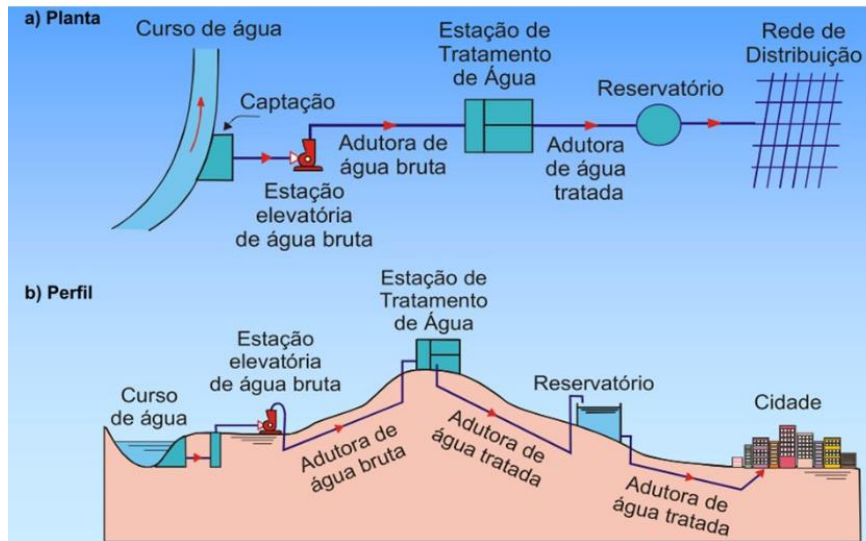


Figura 8. Sistema de Abastecimento de Água, fonte:(SlidePlayer)

Um componente fundamental no SAA é um medidor que possa fazer leituras de caudais, pressões e perdas, pois o conhecimento dos volumes alocados no SAA é crucial, os medidores de água vêm em diferentes tipos, tamanhos e marcas, com sistema de medição mecânica ou eletrônica desempenhando também um papel legal. A medição imprecisa pode levar alguns consumidores a serem aleatoriamente beneficiados ou desfavorecidos. A medição é o garante para um bom processo de gestão, conhecendo as quantidades podemos definir um bom modelo de gestão para os SAA, a figura 9, representa o exemplo de um contador de água (“Hidrômetro – Wikipédia, a enciclopédia livre,”):



Figura 9. Contador de água ou hidrômetro, fonte: (Hidrômetro – Wikipédia, a Enciclopédia Livre.)

2.4. Tipos de Redes

No final do SAA, a rede representa a etapa final no abastecimento de água em que o alvo a atingir são os consumidores, o traçado da rede pode ser ramificado, emalhado e misto. As redes ramificadas caracterizam-se pelo sentido de escoamento ser bem definido e nisso, definindo o caudal em cada trecho. Este tipo de rede tem o valor de investimento inicial reduzido, mas podem ocorrer problemas de estagnação da água em casos de avarias num dos trechos e parando o abastecimento a jusante.

As redes malhadas conseguem ser melhores que as redes ramificadas sendo o valor do investimento inicial compensado pelo bom funcionamento da rede. As redes mistas formam malhas nas condutas principais, no centro da aglomeração e ramificações nas condutas secundarias (Villas-Boas et al., 2008).

A projeção de uma rede de distribuição, esta baseada numa rede malhada que é associada a redes secundárias essencialmente ramificadas que podem ser condicionadas pelas demandas, pressões máximas de serviço, divisão da rede através de curvas de nível, alimentações distintas na rede com vista a suprir consumos domésticos e outros fins (fig. 10).

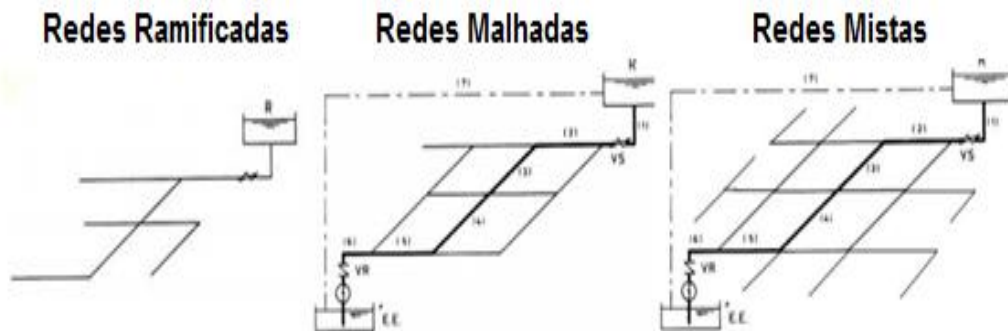


Figura 10- Tipos de Redes

A adoção dos diferentes tipos de redes possui vantagens e desvantagens em termos de operacionalidade, e estão resumidas e comparadas na tabela 3:

Tabela 3. Comparação qualitativa de redes

Redes	Vantagens	Desvantagens
Ramificadas	<p>Necessita de menor número de elementos;</p> <p>Dimensionamento hidráulico simples;</p> <p>Maior economia no investimento inicial.</p>	<p>Em caso de avaria todo o abastecimento a jusante é interrompido;</p> <p>Aparecimento de pontos com velocidade nula nas extremidades a jusante conduz à deposição de sedimentos e estagnação da água com as preocupações sanitárias inerentes;</p> <p>Quando se verificam flutuações de consumo os efeitos para jusante em termos de pressão, são significativos.</p>
Malhadas	<p>Escoamento bidirecional leva a que existam percursos alternativos para se atingir um determinado ponto;</p> <p>Maior segurança no abastecimento visto que em caso de avaria é possível isolar a zona através de válvulas e assim não comprometer o abastecimento a jusante;</p> <p>Pouca alteração ao nível de pressões na eventualidade de grandes flutuações de consumo</p>	<p>Custos iniciais de investimento superiores devido ao número de órgãos e componentes requeridos;</p> <p>O processo de determinação das condições de equilíbrio hidráulico é mais complexo</p>

2.5. Parâmetros de dimensionamento de uma rede

O dicionário da língua Portuguesa define o parâmetro como princípio através do qual é possível estabelecer uma comparação, mas na informática o parâmetro pode ser definido como: valor, opção, denominação ou característica que o usuário acrescenta ou altera ao

executar um comando. Este processo de mudança de valores do parâmetro para a obtenção de valor ótimo designa-se otimização. Neste caso os parâmetros obedecem a uma configuração das suas unidades de medida que podem ser modificadas para outros sistemas de medição dependendo da necessidade, as unidades de medidas vão expressas de modo que a introdução dos dados descritivos e os observados estejam de acordo com o previsto, veja tabela 4 (S. T. Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

Tabela 4. Principais grandezas a considerar.

Variáveis	Unidades
Carga hidráulica	<i>m</i>
Caudal	<i>l/s</i>
Comprimento	<i>m</i>
Concentração	<i>mg/l</i>
Consumo	<i>l/s</i>
Cota	<i>m</i>
Diâmetro (Reservatórios)	<i>m</i>
Diâmetro (Conduitas, Válvulas, etc.)	<i>mm</i>
Energia	<i>kWh</i>
Fator de Perda de Carga	<i>adimensional</i>
Tempo de Percurso (ou idade da água)	<i>h</i>
Perda de carga unitária	<i>m/km</i>
Potência	<i>kW</i>
Pressão (Altura Piezométrica)	<i>m</i>
Velocidade	<i>m/s</i>
Volume	<i>m³</i>

Os parâmetros das grandezas: caudal e pressão são os mais importantes nas solicitações de um Sistema de Abastecimento de Água e caracterizam-se pelas condições de fronteira externa ao modelo que são os consumos de água por parte dos utentes e pelas perdas de água no sistema, os consumos são uma grande incerteza por não serem constantes, levando a que a sua estimativa seja igualmente incerta. Nisso, os consumos estão distribuídos ao longo das conduitas e são modelados como estando concentrados unicamente nos nós onde é medida a pressão do sistema e eventualmente o ponto onde tende a verificar-se a saída de água (Pinto, 2010).

Conforme realça Pinto (2010), os dois parâmetros importantes de dimensionamento de uma rede podem ser analisados, definidos e caracterizados para as situações que se pretendam:

- Caudais para dimensionamento hidráulico

Considerados no dimensionamento das SAA são os caudais de ponta, que correspondem aos caudais diários médios anuais (previstos quer no início da exploração, quer no horizonte de projeto) afetados de um fator de ponta instantâneo, a que se adicionam os caudais originados por fugas e perdas.

A distribuição destes caudais ao longo da rede é definida com recurso a um modelo de cálculo em que a cada tubo é atribuído um caudal unitário de percurso, q . O caudal unitário de percurso, q , resulta da divisão do caudal de ponta (Q_p), pelo somatório dos comprimentos, L_i , dos trechos de rede que tem distribuição de percurso:

$$q = \frac{Q_p}{\sum L_i} \quad (5)$$

Este mesmo princípio pode ser aplicado em zonas com características diferentes, podendo considerar-se uma distribuição uniforme do caudal de ponta correspondente.

Havendo uma distribuição urbanística complexa de modelar, considerar-se-á um processo alternativo para a definição dos caudais unitários do percurso. Estes caudais de percurso poderão ser relacionados com a densidade populacional. Um critério de referência para a fixação de caudais unitários de percurso é apresentado na tabela 5:

Tabela 5. Critérios de Referência para fixação de caudais unitários de percurso

Densidade de Ocupação(hab/há)	Inferior a 15	15-50	50-150	150-300	Superior a 300
Caudais unitários de percurso	$q_1 = q_0$	$q_2 = 2q_0$	$q_3 = 3q_0$	$q_4 = 4q_0$	$q_5 = 5q_0$

Sendo L_1 a L_n os comprimentos totais da rede, correspondentes aos caudais unitários de percurso q_1 a q_n , o valor de referência q_0 é definido do seguinte modo:

$$q_0 = \frac{Q_p}{L_1 + \dots + L_n} \quad (6)$$

Os caudais, o sobredimensionamento da SAA pode ser requerido devido a existência de bocas de incêndio que de sobremaneira agravam os custos da rede e provocando a redução da velocidade nas condutas, estes eventos devem ser evitados nas SAA, recorrendo-se a outras origens da água ou prevendo reservas acima de 120 m³.

- Pressões para dimensionamento hidráulico

Existe um limite de pressão máxima e mínima sobre a rede de SAA que deve ser fornecida ao sistema no sentido de evitar ruturas e outro tipo de avarias, bem como a produção de ruídos nas redes interiores dos edifícios que possibilitam o desgaste e avaria dos equipamentos ligados a rede (Ex: termo acumuladores, válvulas, etc.).

O Decreto Regulamentar n° 23/95 estabelece a pressão máxima em qualquer ponto de utilização de rede, medida ao nível do solo, em 600 kPa e limita a variação máxima de pressão em qualquer nó ao longo do dia a 300 kPa.

O mesmo Decreto Regulamentar estabelece uma pressão mínima de 100 kPa, em qualquer dispositivo de utilização predial para o caudal de ponta, o que na rede pública ao nível do arruamento, corresponde aproximadamente a:

$$H = 100 + 4n. \quad (7)$$

Onde: H – pressão; $H_{min} = 100$ kPa; n -número de pisos acima do solo

pressões mínimas correspondem a uma situação de distribuição do caudal de ponta horária, a partir do nível mínimo do reservatório (reservatório vazio \approx cota de soleira). É desejável a manutenção de um nível mínimo de pressão em cada ponto da rede, de maneira a evitar consequências perigosas em termos sanitários, derivadas da ocorrência de depressões nos componentes da rede aquando da ocorrência da situação de incêndio (Vilas-Boas et al., 2008).

2.6. Eficiência energética em SAA

O maior desiderato da atualidade tem sido a eficiência energética em toda sua envergadura social e económica, pode-se referir que no *nexus* energia-água a eficiência dos sistemas passa por um estudo aprofundado das razões que levam á perdas energéticas.

Para B. Coelho & Andrade-Campos (2014), o consumo de energia, relacionado à coleta, tratamento e transporte de água, acarreta uma grande quantidade de custos. No entanto, esses custos podem ser minimizados com e / ou sem redução no consumo de energia.

Afiguram-se como os maiores consumidores de energia em SAA as bombas dos sistemas elevatórios em alta e em baixa. Os sistemas elevatórios integrados em sistemas de abastecimento de água são, fundamentalmente, controlados pela variação dos níveis de água dos reservatórios de regularização a que estão associados, sendo esses níveis dependentes da gestão operativa do sistema, mas também dos consumos de água verificados nas redes de distribuição (Vivas et al., 2014).

Mas depreende-se que a poupança energética é essencial nas componentes ambientais e sócio económica, sendo que, as melhorias da eficiência energética nos SAA podem passar por simples operações de monitoramento do controle de vazamentos para operações mais complexas. Também são consideradas previsões de consumo de água, otimização de sistemas de bombas, otimização de sistemas de armazenamento e operações em tempo real (B. Coelho & Andrade-Campos, 2014).

Mas para Feldman (2009), a energia é perdida devido a vários motivos: estações de bombeamento ineficientes, projeto, instalação ou manutenção deficiente, tubos antigos com alta perda de carga, gargalos na rede de suprimento, pressão excessiva no fornecimento e estratégias de operação ineficientes das várias instalações de suprimento. Outra causa importante de desperdício de energia é o suprimento excessivo devido a

vazamentos de água ou devido ao uso ineficiente da água. Quando a média mundial de perda de água é estimada em 30%, significa que a mesma porção de energia é perdida. Dadas as causas acima, a economia de consumo de energia pode chegar a 20% a 30% do consumo atual.

Os grupos eletrobomba enquanto componente central dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais em termos operacionais são consumidores intensivos de energia que representam cerca de 65% do total de consumo de energia no sector de água em Portugal segundo o relatório ERSAR (2012;2013).

Para o alcance da eficiência energética nos SAA é necessário melhorar o *design* da estação da elevatória, o *design* do sistema, a instalação de inversores de velocidade variável nas bombas e a operação eficiente das bombas. A redução de vazamentos traria a economia significativa no consumo de energia. Mas outras medidas podem ser aplicadas no sentido de melhorias no SAA, para Coelho & Andrade-Campos (2014), estas passam por:

- Substituição dos equipamentos ineficientes;
- A gestão de fugas através de monitoramento e manutenção, impedindo a entrada de água;
- A seleção de uma simples tarifa energética adequada;
- E a incorporação de fontes de energia renováveis nos SAA, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

Um fator principal no gerenciamento de energia são as tarifas de energia no horário do dia. Essa política de taxas cria uma grande mudança no conceito de operação das bombas. Feldman (2009), realça que na maioria dos países, as tarifas de energia da hora do dia são aplicadas e é exemplo a figura 11, que ilustra um perfil de tarifas de um dia por semana na temporada de verão em Israel.

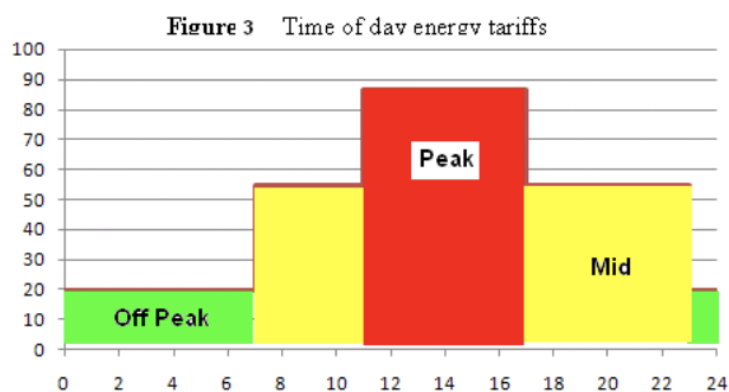


Figura 11. Exemplo de tarifa energética diária, adaptado de Feldman (2009)

A obtenção de economia energética do SAA será dependente da mudança da operação das bombas do período de pico para o período médio e baixo. Para Sobrinho & Borja (2016), a eficiência energética esta associada a perdas de água conforme referenciado por vários outros autores e que os fatores intervenientes da gestão de perdas de água estão divididos em categorias analíticas e em variáveis segundo a tabela 6:

Tabela 6. Fatores intervenientes da Gestão de perdas de água (Sobrinho & Borja, 2016)

Categorias	Variáveis	
Analíticas	Implantar sistema de medição hidráulica e elétrica em cada unidade operacional	
	Incentivar o uso de medição individualizada	
	Implantar válvulas de redução de pressão	
	Realizar simulação hidráulica da rede distribuidora por modelos computacionais	
	Implantar novas tecnologias de manutenção da rede de tubos	
	Implantar sistemas de informação de água e eficiência energética	
	Fatores Técnicos	Automatizar leituras, entregas de contas e atualização do cadastro comercial
		Implantar conversores de frequência
		Implantar bancos de capacitores
		Implantar alternativas para a geração de energia
Fatores Operacionais	Estabelecer controle automático do sistema	
	Substituir equipamentos obsoletos e tubos antigos	
	Controlar as pressões do sistema	
	Realizar pesquisas de vazamentos, controlar os extravasamentos e vazamentos nos reservatórios	
	Reduzir o tempo de manutenção dos vazamentos e realizar a sectorização da rede distribuidora	
	Manter o cadastro operacional e comercial atualizado	
	Monitorar as variáveis hidráulicas em tempo real	
	Adequar hidraulicamente e eletricamente os sistemas	
	Realização de manutenções periódicas nas tubagens, acessórios e equipamentos adjacentes a rede do sistema	
	Adequação e estabelecimento da micromedição	
Fatores Administrativos	Monitoramento do processo comercial e o combate as fraudes na rede do sistema.	
	Estabelecimento de ações operacionais para o controle de consumos com a energia elétrica	
	Estabelecimento de uma grade de treinamento específico para perdas nos níveis básico, técnico e superior	

	Promoção de programas de manutenção e assistência técnica para a racionalização do uso da água e energia
	Melhoramento da imagem da empresa perante a sociedade e contratação de consultores em cada área afim
	Destinar áreas físicas adequadas para as equipas de trabalho e contratar equipas de suporte e logística
	Estabelecimento de ações administrativas para o controle do consumo de energia elétrica.
	Buscar financiamentos para os sistemas em operação
	Reduzir custos
	Estabelecer política interna de perdas de água e eficiência energética
	Propor e implementar bases legais
	Estabelecer objetivos e metas com o seu devido acompanhamento, desdobrando-os para água e eficiência energética
	Estabelecer reuniões periódicas
	Estabelecer protocolos de coleta e análise de dados
	Promover o gerenciamento da rede distribuidora
	Desenvolver parcerias com outras instituições na área de perdas de água e eficiências energética
Fatores Gerenciais	Estabelecer indicadores de desempenho para água e energia
	Promover contratos específicos de <i>performance</i> e incentivos à equipe
	Realizar planeamento (inclusive financeiro) para Ação continua no controle de perdas de água e eficiência energética
	Designar equipes específicas para atuação na área de perdas de água e eficiência energética
	Estabelecer política de combate às fraudes
	Promover equipe de efficientização descentralizada, com gerente do processo com autonomia interdepartamental
	Desenvolver estudos e programas de avaliação de novas tecnologias para perdas de água e eficiência energética
	Promover gestão integrada e participativa com estabelecimento de reuniões periódicas
Fatores Ambientais	Reduzir retirada de água dos mananciais
	Minimizar a geração de esgotos domésticos
	Reduzir emissões atmosféricas
	Promover o cumprimento da legislação de recursos hídricos

	Melhorar a qualidade de vida da população melhorar a saúde da população
	Promover programas de educação ambiental para uso racional de água e energia
Fatores Sociais	Estabelecer canais de comunicação entre a empresa e os usuários
	Diminuir a tarifa de água e esgoto por meio das reduções de gastos com as ações de perdas de água e eficiência energética
	Gerar novos empregos

No relatório ERSAR (2019), conclui-se que, à nível de Portugal continental, a eficiência energética de instalações elevatórias é boa no serviço em alta. No serviço em baixa a avaliação da eficiência energética de instalações elevatórias é mediana, indiciando potencial de melhoria com a adoção de metodologias operacionais e de monitorização que permitam uma gestão mais racional de energia. Estas conclusões basearam-se em valores de referência da tabela 7:

Tabela 7. Alta e Baixa -Valores de referência [kWh/ (m³.100)].

Qualidade de serviço boa	[0,27;0,40]
Qualidade do serviço mediana]0,40;0,54]
Qualidade do serviço satisfatória]0,54;5,00[

2.6.1. Bombas

As despesas com energia elétrica estão entre os principais custos operacionais da atividade de abastecimento de água. Estima-se que esse item corresponda a 5 e 30% dos custos operacionais totais dos prestadores de serviços de água e esgoto, podendo chegar a 40% em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Em sistemas de distribuição de água, a maior parte da energia elétrica é consumida nas estações elevatórias ou bombas e segundo Sobrinho & Borja (2016) citando Ormsbee & Walski (1989), a distribuição de energia consumida numa SAA divide-se em motores que ficam com 90%; serviços auxiliares com 7,5%; e iluminação com 2,5%.

O mercado mundial disponibiliza várias soluções de bombas económicas e viáveis para as SAA, mas tudo isso esta intimamente ligado a gestão eficiente do SAA.

As bombas subdividem-se em bombas de rotação variável (BRV) e bombas de rotação constante (BRC), tomando em conta que uma pequena melhoria nas bombas pode significar grande economia de custos e energia nas companhias de água. A substituição de bombas de velocidade constante por bombas de velocidade variável em uma SAA será totalmente viável. Do ponto de vista de eficiência energética as bombas de velocidade variável facilmente adaptam-se as solicitações de uma SAA permitindo manter a pressão e o caudal próximo dos níveis mínimos exigidos (Coutinho & Soares, 2017a).

As bombas de rotação variável são as melhores que se adaptam em situações de conforto energético e sustentação de SAA a longo prazo sem prejuízo do sistema hidráulico ao qual as bombas estejam adstritas. Segundo Coutinho & Soares (2017) as bombas de rotação variável são bombas com motores acoplados a inversores de frequência.

Esses equipamentos são capazes de alterar a frequência do sinal elétrico para que as bombas possam operar em diferentes velocidades de rotação e quando comparadas, às bombas de rotação constantes, as BRV têm a vantagem de adaptarem-se de forma mais eficiente às exigências do sistema. Isso torna possível uma melhor resposta às situações de anormalidade, como incêndios e rompimentos de tubulações, estas afirmações são secundadas por Rossman (2005) que escreveu: para bombas com o número de rotações variável, a sua curva altera-se consoante o valor da propriedade de regulação de velocidade como destaca o exemplo da figura 12:

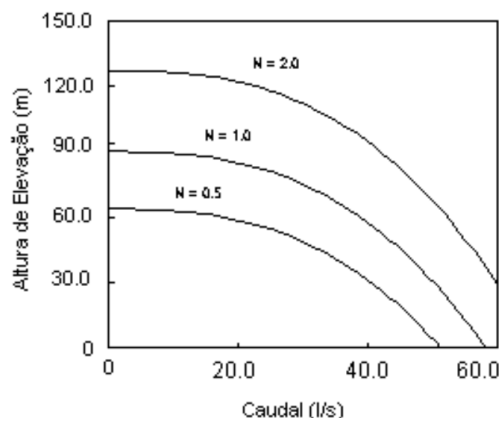


Figura 12. Exemplo de curva de bombas de velocidade variável, adaptado de Rossman (2005).

Vista a figura 12, verificou-se que as bombas que operavam a diferentes velocidades de rotação tiveram curvas características alteradas e conseqüentemente o seu desempenho. Tais alterações no comportamento da bomba podem ser previstas pelas relações de semelhança, parte-se do pressuposto de que as bombas geometricamente semelhantes trabalham em condições de semelhança, desde que tenham a mesma eficiência, ou seja, as características adimensionais da bomba permanecem constantes.

A operação das bombas em ambientes de variação das suas velocidades de rotação é regulada pelas relações de afinidade onde os valores de caudal (Q) e de altura de elevação

(H) relacionam-se com as respectivas velocidades de rotação N_1 e N_2 conforme as equações

8, 9 e 10:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (8)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (9)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (10)$$

Onde: Q -caudal da bomba (m^3/s), H -altura manométrica da bomba (m), P -potencia da bomba (W), N -velocidade de rotação da bomba (rpm), 1 e 2 – duas velocidades distintas da rotação.

No estudo realizado por Coutinho & Soares (2017) denominado “Simulação de bombas com velocidade de rotação variável no EPANET”, foi constatado que o EPANET 2.0 utiliza as relações de afinidade dadas pelas Equações 8 e 9 para estimar o caudal e a altura manométrica da bomba quando essa tem sua velocidade de rotação alterada.

Nesse experimento apesar da comparação feita entre o modelo EPANET 2.0 e *EPANET 2.0 modificado*, verificou-se poupança dos consumos energéticos das bombas quando variadas as suas velocidades.

2.6.1.1. Perdas e Fugas

No funcionamento normal das bombas as perdas e fugas no sistema devidos a pressões diferenciadas acontecem.

As perdas, segundo Silva (2016), tem natureza física e não física. Às de natureza não física pode ser causado por ligações ilegítimas em elementos sem contador, como por exemplo em bocas de rega, em hidrantes e bocas de lavagem publica, contadores com uma operação anormal ou através de lapsos de leitura. A perda física tem uma origem diferente e dizem respeito a volumetria de água não faturada e não consumida, normalmente verificam-se na fase de distribuição devido a enorme quantidade de elementos e complexidade de sua configuração espacial. São desperdícios que tem a sua origem na rotura de tubagens, em perdas nos reservatórios devido a evaporação e transpiração, além das verificadas em procedimentos de purgas ou descargas para a eliminação de resíduos sólidos e adequação da sua qualidade de consumo.

O decreto DR 23/95 estabelece no artigo 17º - “Fugas e Perdas” de observação possível nos sistemas devem ser avaliadas, em caso algum, se deve admitir um valor inferior a 10% do volume de água entrando no sistema.

Com vista a contenção das perdas de água no setor de saneamento básico, principalmente no segmento de sistemas de abastecimento de água onde ocorrem perdas significativas de energia e água, as ações de combate às perdas são medidas

imprescindíveis e inadiáveis para garantir a sustentação económica da grande maioria das empresas de saneamento (A. A. R. da Cunha, 2009; Silva, 2016).

Nestes casos, a eficiência da operação dos sistemas de abastecimento de água, constitui uma das principais medidas operacionais visando à redução das perdas energéticas. O grande número de elementos passíveis de terem seus estados de funcionamento alterados a cada instante, torna complexa a tarefa dos operadores desses sistemas.

Assim, a operação consiste basicamente em definir, num determinado instante, qual a melhor combinação do estado operacional das bombas de forma a tornar o sistema mais eficiente em termos energéticos. Sem um planeamento adequado, os sistemas de distribuição de água para abastecimento continuarão a desperdiçar uma parcela razoável de energia elétrica.

2.7. Modelação

A modelação numérica de sistemas de abastecimento de água é, atualmente, a forma mais exata e económica de simular o comportamento de um sistema físico real (Martínez-Austria & Vargas-Hidalgo, 2016). Uma vez que este recorre ao enorme poder de cálculo digital existente, visando a rápida resolução de um conjunto de sistemas de equações de continuidade e de conservação da energia, utilizadas na formulação das condições de equilíbrio hidráulico de redes de distribuição (Lousada, da Silva, Castanho, & Naranjo-Gómez, 2019).

Atualmente, os avaliadores têm muito mais abordagens de avaliação disponíveis do que em 1960. Com os desafios do século XXI, é um momento oportuno para considerar quais desenvolvimentos de avaliação do século XXI são valiosos para uso futuro e quais seriam deixados para trás. A evolução tecnológica supera os limites da imaginação humana, sendo que estão disponíveis ferramentas de apoio a decisão que são os modeladores da realidade, fazendo uma previsão de ações futuras e avaliando as expectativas de uma sociedade e economia sempre crescente (Olaia, 2012; Stufflebeam, 2001).

Em 1981 a LNEC desenvolveu um modelo para a modelação de sistemas de abastecimento de água em Portugal, tendo sido nesta década de 80 que se iniciou o primeiro processo de modelação com recurso a métodos computacionais na rede de Almada (Olaia, 2012). Para o estudo e avaliação de um SAA, tornou-se necessário perceber o longo caminho que a água percorre no Sistema desde a origem até ao consumidor, isto leva a um estudo aprofundado de todas as fases do sistema (Vilas-Boas et al., 2008).

A modelação será a ferramenta ideal para perceber em que contexto os caminhos percorridos pela água são sustentáveis, nisto a modelação matemática executa uma representação da realidade (como uma “imagem”), em condições e parâmetros controláveis. É possível fazer modificações sem consequências negativas, sendo que,

comparativamente com outras áreas do conhecimento, é uma atividade bastante recente que se desenvolve na conjugação de várias disciplinas do conhecimento científico (Vilas-Boas et al., 2008). O princípio básico da Modelação consiste na procura incessante da caracterização fiel da realidade. As técnicas de modelação incluem, entre outras, os métodos estatísticos e a simulação computacional. A figura 13, apresenta uma breve visão de como se processa a Modelação.

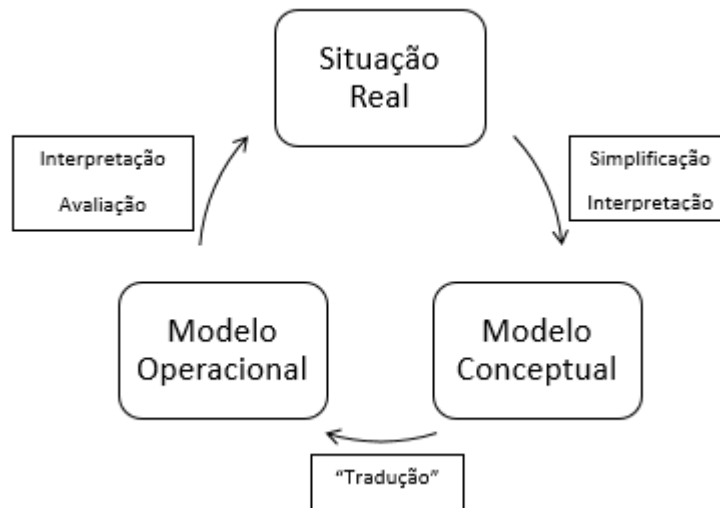


Figura 13. Processo de Modelação

A caracterização e ou a simulação hidráulica real de um SAA é necessária vistas as condições de operação, para (Olaia, 2012; Rossman, L., 2002), a simulação hidráulica pode ser aplicada de duas formas: estacionária ou dinâmica. A simulação estacionária processa-se quando a simulação é efetuada num determinado momento temporal. A simulação dinâmica ocorre quando se efetua uma simulação sequencial, que traduz os acontecimentos em vários períodos. A criação dos modelos hidráulicos digitais segundo (Bezerra, 2009; Goldman et al., 2000; Gomes, 2011; Lousada et al., 2019), permitem tornar o processo de conceção e gestão de sistemas de abastecimento de água num exercício muito mais eficiente. Possibilitando, ainda, a previsão e a otimização de cenários energéticos de exploração – ao avaliarem-se os investimentos avultados.

A simulação da condição hidrostática tem em vista o estudo de esforços a que estão submetidos os fluidos em repouso e conseqüentemente o seu comportamento, enquanto que a simulação a condição estacionaria ou condição de regime permanente, o líquido terá inúmeras propriedades que não serão alteradas com o decorrer do tempo.

Para Olaia (2012), os engenheiros terão ao seu dispor um instrumento de trabalho muito útil na tomada de decisão. O Diagrama da figura 14, é referente as diversas funcionalidades da Modelação de uma SAA.

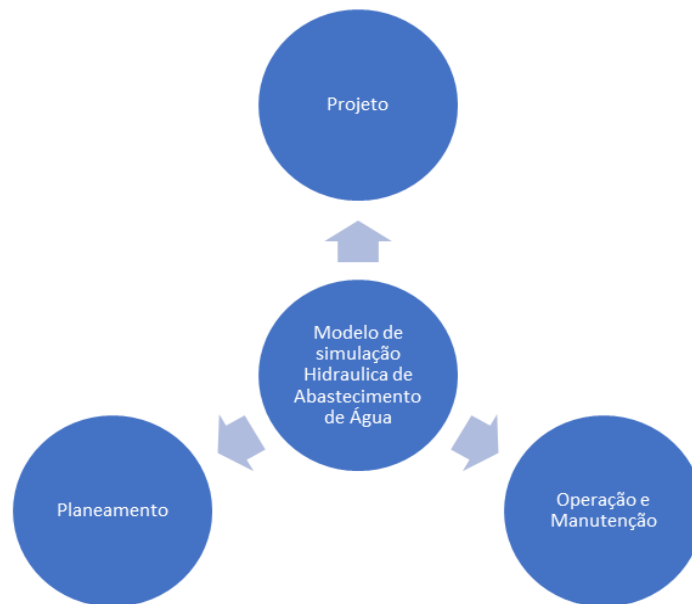


Figura 14. Aplicações de um modelo de simulação hidráulica de abastecimento de água (adaptado de Olaia, 2012).

Os elementos necessários para a modelação de um SAA com base no EPANET 2.0 (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006; Olaia, 2012):

- Escolha de diâmetro e material das condutas.
- Capacidade dos reservatórios;
- Altura de elevação das estações elevatórias.
- Definição dos patamares de pressão na rede de distribuição e introdução das válvulas de segurança ou redutoras de pressão (VPR) onde seja necessário;
- Comportamento dos desinfetantes aplicados ao longo da rede, a definição da periodicidade de aplicação bem como dos locais onde é necessário efetuar a sua introdução.

Os elementos acima mencionados fazem parte de um conjunto da SAA, mas é imperioso considerar dois aspetos fundamentais no dimensionamento, segundo (Vilas-Boas et al., 2008): caudais e pressões que foram detalhados em “Parâmetros de dimensionamento de uma rede”.

A modelação hidráulica assume notável importância comparativamente ao dimensionamento tradicional permitindo um conhecimento mais aprofundado do funcionamento dos mesmos para diversos cenários possíveis, correntes ou excepcionais (Coelho et al., 2006), nomeadamente:

- Programação de intervenção de reabilitações, com a minimização de impactos para o consumidor;
- O comportamento espectável de um sistema a longo prazo;
- A simulação dos problemas e cenários de operação quotidianas;

- A identificação de situações problemáticas;
- A análise do impacto da introdução de novas estações elevatórias, reservatórios e alargamento da rede de distribuição;
- O controlo de perdas de água, como por exemplo, através de programação de redução da pressão de serviço;
- Controlo operacional da rede de distribuição, possibilitando a simulação de diferentes cenários;
- Análise do impacto da avaria num determinado órgão;
- Minimização dos recursos energéticos.

O modelo de um sistema de distribuição de água não tem necessariamente de incluir todos os seus componentes, nisto a simplificação da rede é tradicionalmente empregue em modelação para reduzir o tamanho de um modelo. A simplificação cuidadosa produz frequentemente resultados hidraulicamente equivalentes ao modelo completo, mas, no entanto, os atuais programas de simulação tendem a apresentar progressivamente capacidades quase ilimitadas no que diz respeito à dimensão das redes a modelar (Coelho et al., 2006).

2.8. Modelos computacionais na simulação hidráulica.

2.8.1. Modelos de simulação hidráulica

A multiplicidade de condições hidráulicas dependentes de infraestruturas e desenhos hidráulicos não são de fácil perceção. Assim, os modelos de simulação hidráulica são ferramentas que permitem, com margem de erro estimável, analisar e prever, o comportamento hidráulico e de qualidade da água da rede de distribuição (Jorge & Chaveiro, 2018). É espectável que os modelos numéricos proporcionem a melhoria dos SAA, destacando-se:

- Organização sistemática, de edição, e de comprovação de erros nos dados de entrada requeridos pelo modelo;
- Ajuda na revisão nas saídas dos modelos, como por exemplo mapas codificados por cores, gráficos de séries temporais, histogramas, mapas de curva de nível e propostas com objetivos específicos;
- Partilha de dados com outros *software*;
- Capacidade avançada de análise de dados, como otimização dos diâmetros de condutas, controlo de bombagens, calibrações automáticas e modelação da qualidade da água.

A seleção de um modelo tem de ter em conta o objetivo a que se destina. Para apoiar projetos, planeamento, manutenção e tomada de decisão, os modelos computacionais podem facilitar sua implementação. No contexto comercial, existem alguns *softwares* de modelação e otimização, como os seguintes:

- OPTIDESIGNER, que é um *software* para o *design* de redes de distribuição de água usando algoritmos genéticos. Os algoritmos genéticos são uma classe específica de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas em biológicas evolutivas, como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação (Khairuzzaman, 2016);
- O KYPIPE, Pipe2000 é um conjunto de *software* perfeitamente integrado que inclui os mecanismos KYPipe, Steam, Gas, Surge e Goflow, o *software* de análise de fluxo hidráulico mais amplamente utilizado para sistemas de tubos no mundo, permitindo ao usuário facilitar e eficiente a transição entre o mecanismo (Pipe, 2016);
- HidroCAD permite o cálculo e dimensionamento de redes de distribuição de água para abastecimento público. Apresenta-se como um programa flexível, capaz de se adaptar a diferentes tipos de situações de acordo com suas necessidades de cálculo, desde pequenas urbanizações a grandes sistemas de suprimento (Olaia, 2012);
- O WaterCAD oferece soluções e serviços altamente diferenciados e avançados na área de engenharia e modelagem hidráulica, que visam otimizar, gerenciar e controlar a distribuição eficiente da água e todos os custos associados (Olaia, 2012).

2.8.2. Patentes na simulação hidráulica

A patente confere direitos de propriedade e uso exclusivo na produção - um direito temporário de monopólio - de ideias novas e úteis (M. B. Marques, 2000). A maioria das patentes no campo da modelação é detida por empresas de tecnologia vinculadas ao ramo das tecnologias da informação e por algumas empresas que fabricam material usado nos SAA. Estas, foram desenvolvidas e vinculadas a um mecanismo de teste para obter lucratividade posterior. Exemplos:

- A patente CN109932009(A)--2019-06-25, designada “Distributed runing water pipe network loss monitoring system and method”, foi inventada na China e patenteada pela companhia CANGZOU SMART WATER TECH CO LTD, ele descreve um sistema de controlo de perda de água em um SAA. Este sistema executa a modelação, previsão e análise das condições de consumo de água, reduzindo substancialmente os custos de mão-de-obra e reduzindo a perda de água. (Patent No. CN109932009(A), 2019)

- A patente CN109902138(A)--2019-06-18, designada “A GIS-based one-dimensional hydrodynamic simulation basic data topological relation construction and coding method”, inventada na China e patenteada pela CHINA INST WATER RESOURCES & HYDROPOWER Company, esta faz uma simulação hidrodinâmica urbana unidimensional com base em GIS, realizando operações no *software* ArcGIS. De acordo com a invenção, a eficiência e a precisão da modelação hidrodinâmica unidimensional urbana podem ser melhoradas. (Patent No. CN109902138(A), 2019)

- A patente CN109871598(A) --- 2019-06-11, designada “Method for constructing real-time visual fluid in a complex three-dimensional pipe network”, inventada na China e patenteada pela empresa BEIJING INST PETROCHEM TECH, este é um método para a construção e visualização de fluidos em tempo real em uma complexa rede de fornecimento de fluido, analisa condutas e interseções na complexa rede tridimensional, adotando uma tecnologia de renderização. Este método resolve o problema de exibição de líquidos em um SAA. (Patent No. CN109871598, 2019).

- A patente US2017132338(A)---2017-05-11, designada “Hydraulic Distribution Network Modeling”, foi inventada nos Estados Unidos da América e patenteada por AL GAHTANI OSAMA S [SA], este método identifica nós de pressão insuficiente em uma rede de água para monitoramento *on-line* em tempo real e para a superação da redução da demanda em nós de pressões insuficientes e desativados. (*Hydraulic Distribution Trickling F*, 2019.).

2.8.3. EPANET 2.0

O simulador realiza simulações estacionárias e dinâmicas. As simulações estacionárias reproduzem as características da simulação para um dado cenário estacionário, enquanto a dinâmica é baseada em padrões temporais que representam a variação periódica dos parâmetros que definem o modelo. Este último assume importância e uso crescente, pois permite gerar uma ampla gama de resultados de análise e também avaliar as perdas no sistema de distribuição, o que não é possível apenas através de uma simulação estática (Rossman LA, 2002; Gameiro, 2014).

Este é um modelo não comercial tendo características muito firmes no que compete a modelação de um sistema hídrico (Rossman, 2005).

O simulador foi desenvolvido, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency (USEPA)*, nos Estados Unidos da América (EUA), este modela e simula o comportamento hidráulico e de qualidade da água de um SAA e concebe os resultados nos mais diversos formatos.

O EPANET 2.0 possui um conjunto de ferramentas de cálculo que apoiam a simulação hidráulica, com o destaque para (Gameiro, 2014; Rossman, 2005):

- Dimensão da rede a analisar ilimitada;
- Cálculo da perda de carga contínua pode ser efetuado através de uma das três fórmulas disponíveis (Hazen-Williams, Darcy-Weishbach ou Chezy-Manning);
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos;
- Modelação dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de caudal;
- Modelação de bombas de velocidade constante ou variável;

- Cálculo da energia de bombeamento e do respetivo custo.
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água.
- Múltiplas categorias de consumo nos nós, através da definição de padrões de consumo ao longo do tempo;
- As condições de operação do modelo podem basear-se em controlos simples e singulares, como a altura da água num reservatório de nível variável, ou em controlos com condições múltiplas.

O simulador não só faz a simulação hidráulica, mas também a caracterização da qualidade da água no SAA, não será tema desta tese, mas é importante considerar uma breve explicação sobre as potencialidades deste no que se refere a modelação da qualidade da água:

- Modelação de transporte de um constituinte não reativo (traçador) através da rede ao longo do tempo;
- Modelação de transporte, mistura e transformação de um constituinte reativo, à medida que este sofre decaimento, (cloro residual) ou crescimento (subproduto da desinfecção) com o tempo;
- Modelação do tempo de percurso da água através da rede;
- Cálculo da percentagem de caudal que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo;
- Modelação de reações de decaimento do cloro no seio do escoamento e/ou na parede da tubagem;
- Definição de limites para a transferência de massa na modelação de reações na parede;
- Permitir que as reações de crescimento ou decaimento sejam controladas por um valor de concentração limite;
- Aplicação à rede de coeficientes de reação globais, que podem ser modificados individualmente para cada tubagem;
- Possibilidade de relacionar o coeficiente de reação na parede com a rugosidade da tubagem;
- Definição de variação temporal da concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto de rede;
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável como reatores de mistura completa, de escoamento em êmbolo ou ainda de mistura com dois compartimentos.

Numa definição clara o simulador tem recursos que ajudam no desenvolvimento de uma rede e toda a sua esquematização onde deverão constar os objetos físicos e os não físicos, estes objetos carregam consigo informações relativas as condições de dimensionamento da rede (Jorge & Chaveiro, 2018).

As tabelas 8 e 9, enumeram os objetos físicos e não físicos para o EPANET 2.0.

Tabela 8. Objetos físicos do modelo EPANET 2.0 (Coelho et al., 2006)

Objetos	Definição	Dados de entrada	Resultados de modelação	
Junções	Pontos da rede onde os troços se ligam entre si e onde a água entra e sai da rede.	Cota; Consumo; Qualidade inicial da água.	Carga hidráulica total (nível de água no caso de RNF3 e RNF4); Pressão (altura piezométrica); Qualidade da água	
Nós (Nodes)	Reservatório de nível fixo (RNF)	Considerados como nós especiais que representam um volume de armazenamento de água de capacidade ilimitada e carga hidráulica constante, constitui assim, origens ou sumidouros de água externos à rede	Nível da água; Qualidade inicial da água	Não aplicável
	Reservatório de nível variável (RNV)	Considerados nós especiais da rede que possuem uma capacidade de armazenamento limitada e podendo o volume da água armazenado variar ao longo da simulação	Cota de fundo (onde a altura da água é zero); Diâmetro; Altura da água mínima; Altura da água máxima; Altura de Água inicial para cenário a simular; Qualidade de água inicial	Não aplicável
Tubagem	São troços que transportam água entre vários pontos da rede. O EPANET 2.0 considera que o escoamento ocorre em pressão em todas as tubagens, ao longo da simulação	Diâmetro; Comprimento; Coeficiente de rugosidade (cálculo da perda de carga contínua); Estado (aberto ou fechado)	Caudal; Velocidade; Perda de carga.	
Troços (Links)	Bombas	Caudal; Velocidade; Perda de carga.	Nó inicial e final; Curva da Bomba (combinação de valores de carga hidráulica e caudal que definem a curva de funcionamento)	Não aplicável
	Válvulas	São troços que limitam a pressão ou o caudal num ponto particular da rede	Nó inicial e final; Diâmetro; Estado (aberto ou fechado)	Nó inicial e final; Diâmetro; Estado (aberto ou fechado)

Tabela 9. Objetos não físicos do modelo de simulação EPANET 2.0 (Coelho et al., 2006)

Objetos	Definição	
Curva da bomba	Representa uma relação entre altura de elevação e o caudal, definindo as condições de funcionamento desta, para uma velocidade de rotação nominal	
Curvas (Curves)	Curva de rendimento	Relaciona o rendimento do grupo com o caudal bombeado. A curva é utilizada apenas para cálculos energéticos
	Curva de volume	Determina o modo como o volume de água armazenado num reservatório de nível variável, varia com o nível de água
Padrões temporais (Temporal patterns)	São constituídos por um conjunto de fatores multiplicativos que podem ser aplicados ao valor de uma determinada grandeza, de forma a traduzir a sua variação no tempo	

**Controlos
(Controls)**

São um conjunto de instruções que estabelecem o modo como a rede opera ao longo do tempo. Estes especificam o estado dos troços seleccionados em função do tempo, alturas de água num reservatório de nível variável e valores de pressão em pontos específicos da rede

2.8.4. Calibração

A criticidade dos SAA pressupõe que as soluções devem ser encontradas em modelos numéricos construídos para que haja semelhança entre valores reais e modelados ao longo do funcionamento do modelo matemático, os componentes de um sistema, tais como bombas e tubagens, são representados em mapas ou desenhos das instalações. Por sua vez, estes últimos são convertidos em modelos, repletos de ligações e nós, cujo comportamento é descrito através de diversas relações matemáticas (Soares, 2015; Walski et al., 2003)

No entanto, torna-se necessário a recolha de dados de entrada (inputs) antes da informatização da rede e que a qualidade dos parâmetros, inseridos inicialmente, depende largamente da qualidade da informação recolhida, mas também da experiência do técnico responsável, sendo estes, calibrados inicialmente por forma a permitir que os resultados obtidos possam ser considerados válidos (Gameiro, 2014; Savic, Kapelan, & Jonkergouw, 2009).

O processo de constituição de um modelo foi representada na figura 15.

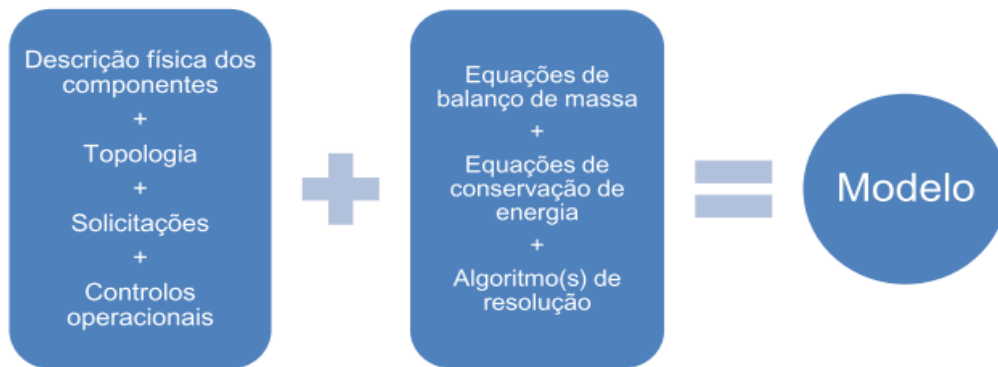


Figura 15. Esquema de construção do modelo de um SAA Fonte: Adaptado de (Coelho et al., 2006)

Todo processo de um modelo e a qualidade das aproximações dos parâmetros inseridas permitirá determinar com correção os dados de entrada a fornecer ao modelo hidráulico para calibração, tais como (Soares, 2015):

- Rugosidade das tubagens;
- Necessidades de procura de água (espacial/temporal);
- Coeficientes de válvulas reguladoras de pressão e bombas hidráulicas;

- Pressão manométrica nos nós; e,
- Perdas de água por vazamento.

A calibração de um modelo, por si, já é um processo complicado, sendo dependente em grande medida da disponibilidade, precisão e detalhe dos dados passíveis de serem medidos, da interpretação matemática dos mesmos e ainda dos mais diversos tipos de erros que possam afetar a qualidade das informações recolhidas, sendo este um passo para a construção de modelos fiáveis e uteis (Soares, 2015).

Os primeiros feitos do desenvolvimento das técnicas de calibração iniciaram em 1983 com Walski, nisto, desenvolveu metodologias que permitiam auxiliar a correção dos valores de rugosidades das condutas ou o uso de água para que pressões e fluxos previstos pelo modelo estivessem de acordo com os valores observados no campo, na base de formulas previamente desenvolvidas (Thomas M. Walski, 1983). Nesse trabalho o autor considera a medição de dados feita em bocas de incendio pelo documento apresentado, mostrava uma metodologia complexa. Ormsbee (1989), apresentou um modelo matemático baseado no método de derivação implícita com recurso a um algoritmo de otimização não-linear juntamente com um *solver* (permite ajustar parâmetros do modelo selecionados para condições de funcionamento em estado dinâmico ou estacionário). Esse modelo não era aplicado a uma rede real de abastecimento de água mas sim a um exemplo de rede simplificada (Soares, 2015).

Com a evolução dos algoritmos genéticos, Lingireddy & Ormsbee (2002), apresentaram um método de calibração baseado na otimização de um algoritmo genético, esse, permitiu o ajuste da procura temporal e espacial da água. Essa metodologia pode ser considerada incompleta por não incluir a determinação de todos os parâmetros de um só sistema de distribuição de água.

Com o trabalho “**Calibração do modelo do sistema de distribuição de água em ambientes de incerteza**” Takahashi et al. (2010), apresentou uma metodologia que visava a calibração dos diâmetros e rugosidades das condutas, perdas de cargas localizadas e perdas de água contínuas. Esse método visava a implementação de um algoritmo genético como algoritmo de otimização que avança no espaço usando os critérios hidráulicos.

O problema de calibração resolvido usando um algoritmo genético multiobjectivo, foi proposto por Laucelli et al (2011), em que foram destacados como parâmetros a calibrar os coeficientes de rugosidade das tubagens, os coeficientes de duas válvulas por cada DMA (District Metered Area) e um fator de velocidade de uma bomba hidráulica. Fez-se uma análise topológica da rede para permitir a simplificação espacial da mesma sem inferir no real funcionamento do sistema.

Os programas comerciais como o WaterCAD ganharam recursos como os algoritmos genéticos para a calibração de sistemas de abastecimento de água, neste caso, o *Darwin Calibrator*, os parâmetros que este algoritmo usa para calibrar os SAA são:

rugosidade das condutas e perdas de água por vazamentos como variáveis a calibrar (Soares, 2015).

No contexto da calibração, novos métodos e pesquisas continuam sendo criados, um método que fez o uso de algoritmos de otimização do tipo colônia de formigas associado ao EPANET 2.0 e conjuntados com um código do MATLAB, foi o trabalho intitulado " **Um novo método para calibração simultânea de padrão de demanda e coeficientes de Hazen-Williams em sistemas de distribuição de água**" (Dini & Tabesh, 2014). Onde propuseram um método para a calibração simultânea do padrão de demanda e coeficientes de Hazen-William com recurso ao algoritmo do tipo "colônia de formigas" acoplado ao simulador EPANET 2.0 através de um código MATLAB.

Ainda no método acima, o padrão de demanda e os coeficientes de Hazen-William foram usados como parâmetros de calibração. Ademais, o método foi testado numa rede de distribuição real da água, em duas malhas, para além dos parâmetros a calibrar, o método fez uso de dados medidos do caudal e da pressão e dos nós das instalações (Dini & Tabesh, 2014; Soares, 2015)

Alves et al.(2014), se concentrou na modelação e calibração de uma pequena e mal documentada rede de distribuição de água que mostrou problemas de pressão. Campanhas de campo foram conduzidas para reduzir as imprecisões encontradas nos desenhos do inventário e para ajudar na construção de um primeiro modelo SAA. Um procedimento de tentativa e erro foi então usado para produzir refinamentos sucessivos para o ajuste desejável do modelo do SAA. Nisto, resultou um modelo calibrado que auxiliou na tomada de decisões que ajudaram com vista a resolver o problema da pressão verificada na rede.

2.8.5. Modelos de Calibração

Pela contextualização de Gameiro (2014) citando Savic et al., (2009), atualmente existem três grupos de modelos desenvolvidos para a calibração que são descritos:

a) Modelos de Procedimento Iterativo (tentativa e erro)

O modelo de calibração iterativa é desenvolvido especificamente num procedimento de tentativa e erro e a sua aplicação na calibração de modelos de redes de distribuição de água requer três condições (Gameiro, 2014; Vilas-Boas et al., 2008):

- Observações reais da rede utilizadas para comparação com os resultados obtidos através do modelo;
- Sub-rotina de resolução do Problema Direto e do Problema Inverso, calculando-se as variáveis de estado (efeitos) do modelo, a partir da introdução de parâmetros (causas) contornando a necessidade de criar um programa ou modelo numérico propositado;
- Intervenção do utilizador. O utilizador, através da sua sensibilidade e conhecimentos, possibilita um ajuste aos parâmetros iniciais mais adequado e consciente, reduzindo largamente as iterações necessárias para resolver o problema.

Para Gameiro (2014), a intervenção do modelador é fulcral, pois, confere alguma subjetividade ao modelo, podendo originar diferentes soluções consoante o utilizador. Este tipo de modelos acarreta tempos de resolução superiores ao normal e por isso a consequente dúvida sobre a validade e aplicabilidade dos resultados obtidos, a limitação da dimensão dos problemas de calibração, visto que apenas problemas com um pequeno número de parâmetros de calibração podem ser resolvidos e a taxa de convergência ser relativamente baixa. Mas no tocante a sua vantagem, o maior benefício destes procedimentos iterativos é a definição de princípios e instruções fundamentais em relação à calibração de modelos de distribuição de água.

b) Modelos Implícitos, também titulados por Métodos Indiretos;

Consiste, basicamente na minimização de uma função objetivo que, geralmente, é o módulo da diferença entre os valores das medições efetuadas e os resultados de pressão e/ou caudal obtidos através do modelo. Normalmente, utiliza-se o “Método dos Mínimos Quadrados” (MMQ) como critério de minimização desta função, tentando-se minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre as variáveis consideradas. A Função Objetivo é então definida de acordo com a expressão (Gameiro, 2014):

$$E(p) = \sum_{t=1}^L [u_t^{\text{modelado}}(p) - u_t^{\text{observado}}(p)]^2 \quad (15)$$

Onde: p corresponde ao parâmetro considerado, u_t^{modelado} e $u_t^{\text{observado}}$ correspondem, respetivamente, aos dados modelados e observados, e L identifica o instante de tempo máximo considerado nos ensaios. Efetua-se o cálculo para diferentes instantes de tempo e para diferentes pontos da rede, desde que existam dados de medições possíveis de servirem de comparação.

Os parâmetros introduzidos vão sendo atualizados através do modelo de simulação, o qual retorna as variáveis de estado obtidas no modelo, isto é, pressões, caudais, níveis de tanques, aplicando-se de seguida a função objetivo anteriormente apresentada. A designação de Método Indireto pode agora ser compreendida (Gameiro, 2014; Vilas-Boas et al., 2008).

Este método pode ser considerado como o substituto do procedimento de tentativa erro, mas o rigor e a precisão do processo podem ser afetados pela existência de mais um mínimo visto que o programa pode selecionar um mínimo local ao invés de um mínimo geral. Este processo limita o modelo implícito e assim sendo é necessário aplicar um método de regularização que tem como função encontrar a solução mais compatível com os dados obtidos (Gameiro, 2014).

c) Modelos Explícitos, também denominados por Métodos Diretos.

Este modelo utiliza um extenso conjunto de soluções que são compostas por equações iniciais, caracterizando um modelo estacionário, e um numero de equações adicionais

características das medições de pressão e caudal, sendo, uma equação por cada medição, traduzindo o sistema de equações pela seguinte equação (Gameiro, 2014):

$$H x p - r = 0 \quad (16)$$

Onde: H corresponde a uma matriz $L \times M$, em que L representa o número de observações e M o número de parâmetros desconhecidos; r representa um vetor linha e ambos, H e r , dependem dos valores observados das variáveis de estado.

Este método apresenta algumas desvantagens, entre eles: o número de parâmetros desconhecidos deve ser igual ao número de medições efetuadas, para que o sistema seja determinado; erros de medição não são tidos em conta; não há maneira de quantificar a incerteza associada aos parâmetros de calibração estimados e requer ferramentas matematicamente muito sofisticadas. Estes pontos referidos traduzem-se na fraca influência deste método nos processos práticos de modelos de calibração.

O método escolhido para calibração do Modelo EPANET 2.0 referente ao SAA de Cantanhede é o modelo de procedimento iterativo ou método de tentativa e erro, sendo o mais robusto se combinado com o conhecimento das Leis que se aplicam aos fenómenos intervenientes. Permite identificar a origem das falhas do modelo (diagnostico de erros).

O capítulo faz a caracterização do SAA de Cantanhede, esta técnica permite uma melhor gestão de rede .

3. Caracterização do SAA de Cantanhede

A área modelada é o Município Cantanhede, uma cidade portuguesa do distrito de Coimbra, situada na província da Beira Litoral, região do Centro e sub-região Região de Coimbra, com 8 839 habitantes. É sede de um município com 390,88 km² de área e 36 595 habitantes, subdividido em 14 freguesias.

A setorização do SAA de Cantanhede faz parte do Objetivo Operacional II que fixa a necessidade de reduzir as perdas de água para valores inferiores a 20% e está consagrado no PEAASAR 2007-2013 que constitui um dos principais objetivos das Entidades Gestoras de Serviços Públicos de Abastecimento de Água para se atingirem metas economicamente viáveis que tecnicamente aceitáveis (PEAASAR, 2007).

Os setores criados não são independentes e estão ligados ao Reservatório de nível fixo de Olhos de Fervença que é a única origem da água do sistema.

O SAA de Cantanhede possui 21 reservatórios com capacidade de 14000 m³ , os reservatórios de água de um SAA são uma componente fundamental, pois garantem a flexibilidade e eficiência do sistema, são tipificados em três grupos a saber (Cruvinel, 2021):

- **Reservatórios de passagem**, este tem a função de receber caudal e redistribuir ou encaminhar para um outro sistema da mesma rede, normalmente estes são reservatórios elevados e mantém sempre o caudal e a altura manométrica do sistema sempre constante, este é um reservatório intermedio, situa-se a montante da rede;
- **Reservatórios de sobras**, este tem como função fornecer água à rede de distribuição nos períodos em o consumo é maior que a adução e receber água nos períodos de menor consumo, normalmente este tipo de reservatórios situam-se a jusante da rede de distribuição;
- **Reservatórios de distribuição**, este é o elemento do sistema de abastecimento de água, tem como função a regularização das variações entre os caudais de adução e de distribuição, condicionamento das pressões nas redes de distribuição e reservar água para o combate a incêndios e outras situações emergênciais, situa-se a montante da rede de distribuição.

Foi possível perceber que os reservatórios do SAA de Cantanhede foram dimensionados segundo as necessidades de consumo de cada setor, mas verifica-se que com a crescente demanda por mais água poderá propiciar o aumento das capacidades dos reservatórios ou da capacidade de bombeamento da água para suprir a demanda.

O SAA do Município de Cantanhede foi setorizado nomeadamente por: setor da Tocha, sector da Fontinha, setor de Lemede e sector da Mira. Geridos por INOVA-EM-S.A., conforme mostra a figura 16:

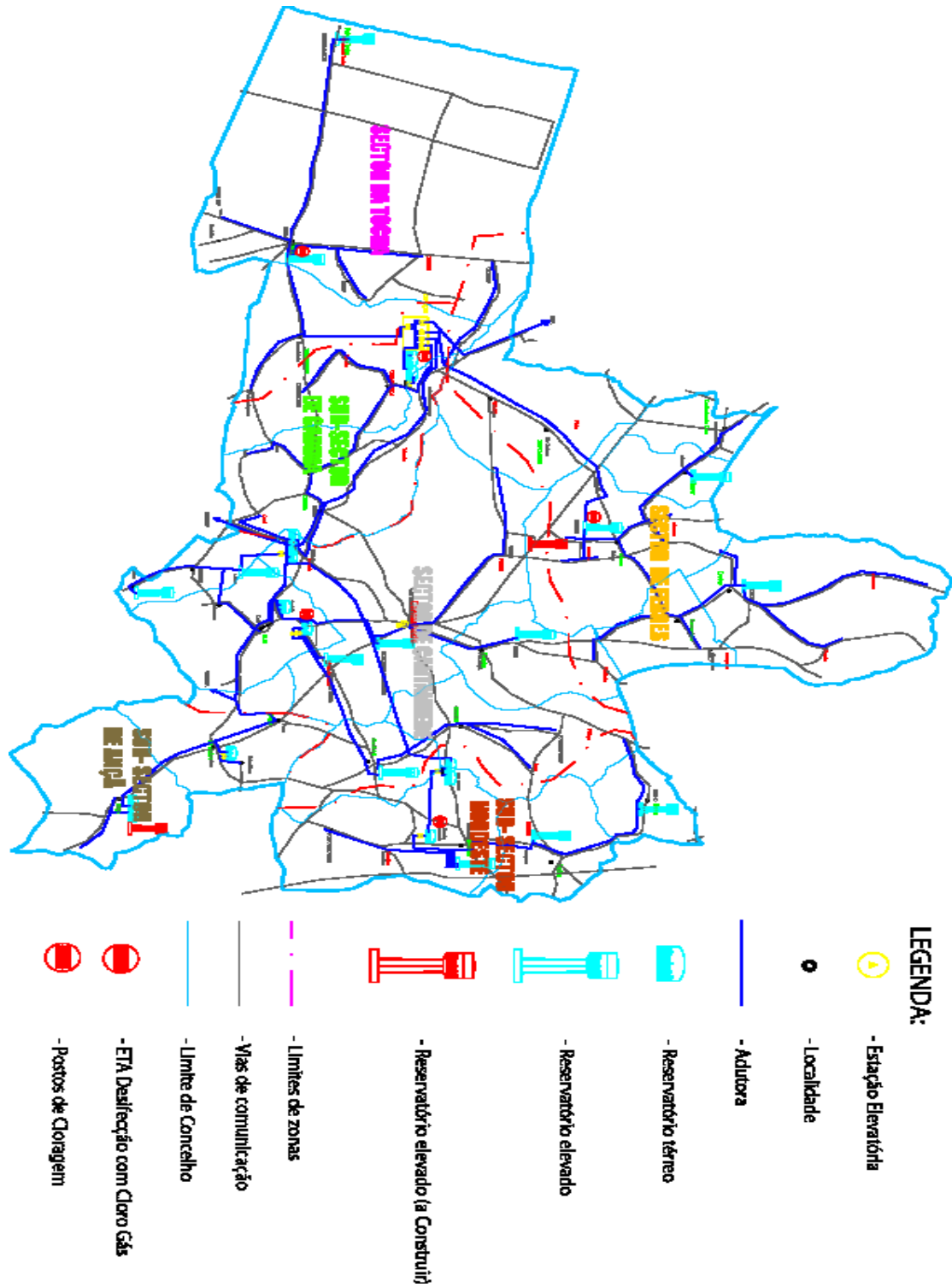


Figura 16. Esquema e sectorização da rede de abastecimento de água do município de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013), adaptado de Civil & Martinho (2013).

3.1. Sectorização da SAA do Município de Cantanhede

Uma técnica que permite dividir a rede em zonas mais pequenas e analisar individualmente os caudais que entram e saem de um determinado sistema é a setorização, esse método é aplicado a cada uma das componentes do sistema, nomeadamente a captação, adução, armazenamento e distribuição. No entanto a componente de distribuição será a que mais beneficia deste processo pela dimensão e complexidade de ligações que a compõem (Raquel & Gomes, 2017).

A criação de sectores não deve reduzir a eficiência da rede e que as condições mínimas e máximas da rede de serviço são sempre garantidas. As condições: topologia, densidade da rede, densidade populacional, localização dos equipamentos e financiamentos disponíveis, todas tem influência na dimensão que se pretenda dar ao setor ou zona de medição e controlo (ZMC). (Raquel & Gomes, 2017).

Partindo da ETA de Olhos de Fervença a água no SAA é transportado em adutoras auxiliadas por um sistema elevatório de cinco bombas para os setores de Fontinha, Lemedede, Tocha e Mira.

3.1.1. Setor da Mira

Este setor representa um Município. Dada a esta característica, o modelo ira modelar até a jusante do reservatório elevado da Mira. É de realçar que a gestão da adutora para Mira é da responsabilidade do mesmo Município.

3.1.2. Setor da Tocha

O abastecimento a Sanguinheira, Tocha, Praia da Tocha e arredores do perímetro deste setor é feita pela adutora que também tem a funcionalidade de funcionar como tubagem de distribuição antes da entrega do caudal ao reservatório elevado da Praia da Tocha que faz o abastecimento a sua jusante para a comunidade consumidora da água. Veja na figura 17, o recorte deste setor:

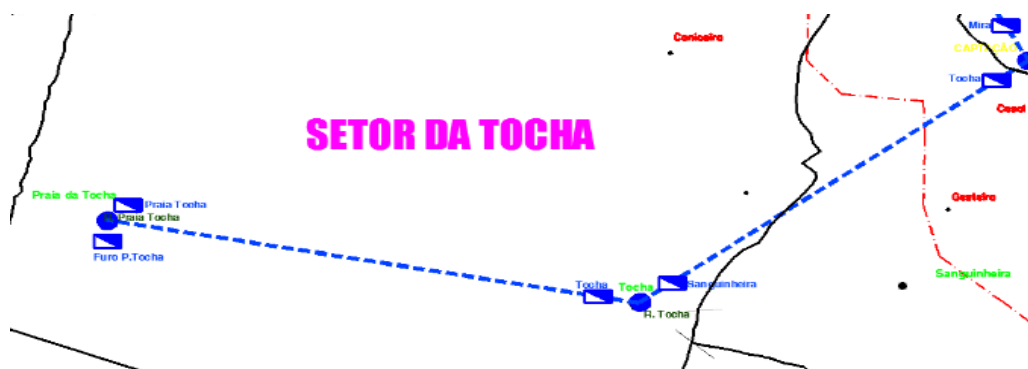


Figura 17. Sector da Tocha, adaptado de Civil & Martinho (2013)

3.1.3. Sector da Fontinha

A adutora que fornece caudal ao setor da Fontinha tem a peculiaridade de que quando a bomba de elevação a partir da Central de Olhos de ferveça estiver desligada, esta adutora fornecera caudal a montante do reservatório elevado de Fontinha para São Caetano e Cochadas (S. D. O. Martinho, 2013).

O reservatório elevado de Fontinha tem a função de abastecer a jusante os reservatórios de Vilamar e Covões que por sua vez abastecerão os reservatórios elevados de Corticeiro de Cima, Marvão e Montouro. A figura 18 é representativa do setor de Fontinha:

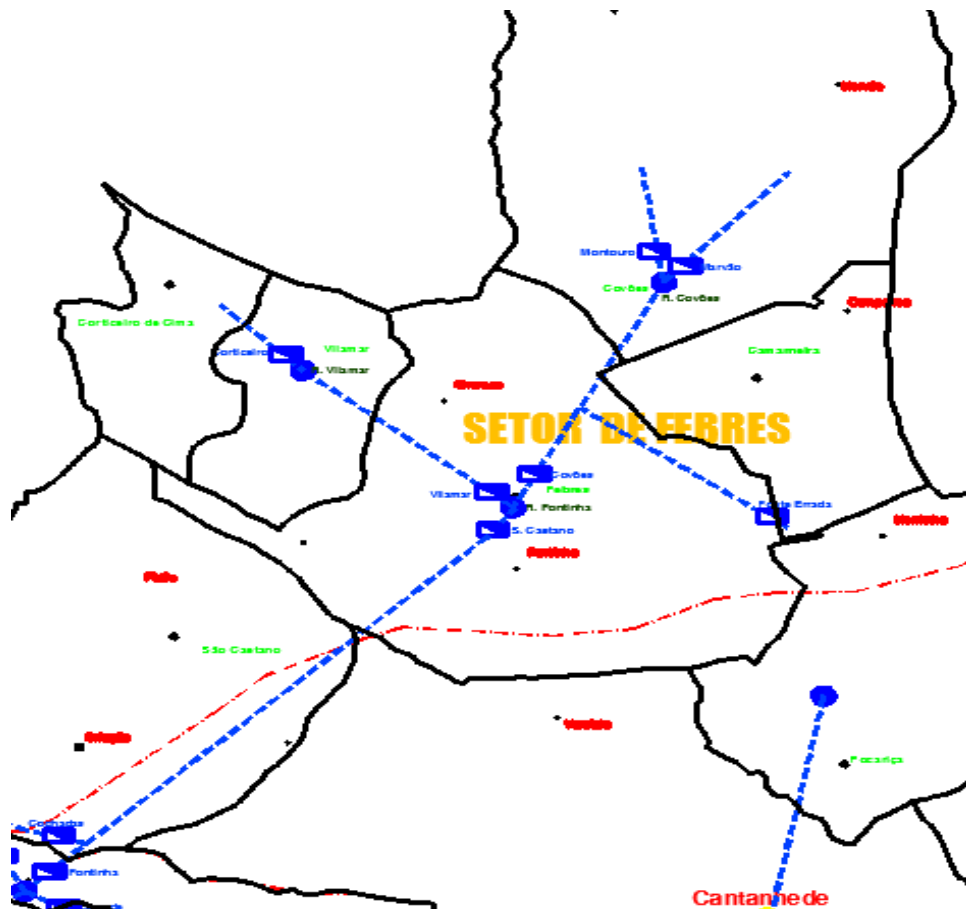


Figura 18. Sector da Fontinha, adaptado de Civil & Martinho(2013)

3.1.4. Sector de Lemedo

No âmbito da distribuição de água na SAA de Cantanhede, os reservatórios apoiados e elevado de Lemedo recebem água aduzida da ETA de Olhos de Ferveça, sendo a sua função suprir as necessidades de caudal a jusante para Central de Cantanhede, Reservatório

de Portunhos e Ançã, Reservatório semi-apoiado de Sete Fontes e ainda o RNV de São Gião por gravidade. Este é o setor que recebe a maior parte da água tratada da ETA de Olhos de Fervença sendo o maior consumidor da rede do SAA de Cantanhede.

Seguindo o mapa de distribuição do SAA da INOVA-EM-S.A., o reservatório semi-apoiado da Central de Cantanhede abastece graviticamente o RNV da Estação de Cantanhede e esta por sua vez abastece o RNV de Arrôtas, também abastece os RNVs da Povia da Lomba e Cordinhã por duas estações elevatórias. O reservatório semi-apoiado de Sete Fontes com recurso a uma estação elevatória abastece o reservatório semi-apoiado do Alto do Murtede que por sua vez usa uma estação elevatória para abastecer o RNV de Enxofães. O Reservatório semi-apoiado do Alto do Murtede abastece também graviticamente o RNV de Sepins e o RNV de Bolho. Entre a reservatório apoiado e elevado de Lemedo e RNV de São Gião a adução é feita por uma estação elevatória e a jusante o RNV de São Gião abastece o RNV de Fornos. A figura 19, ilustra o sector de Lemedo:

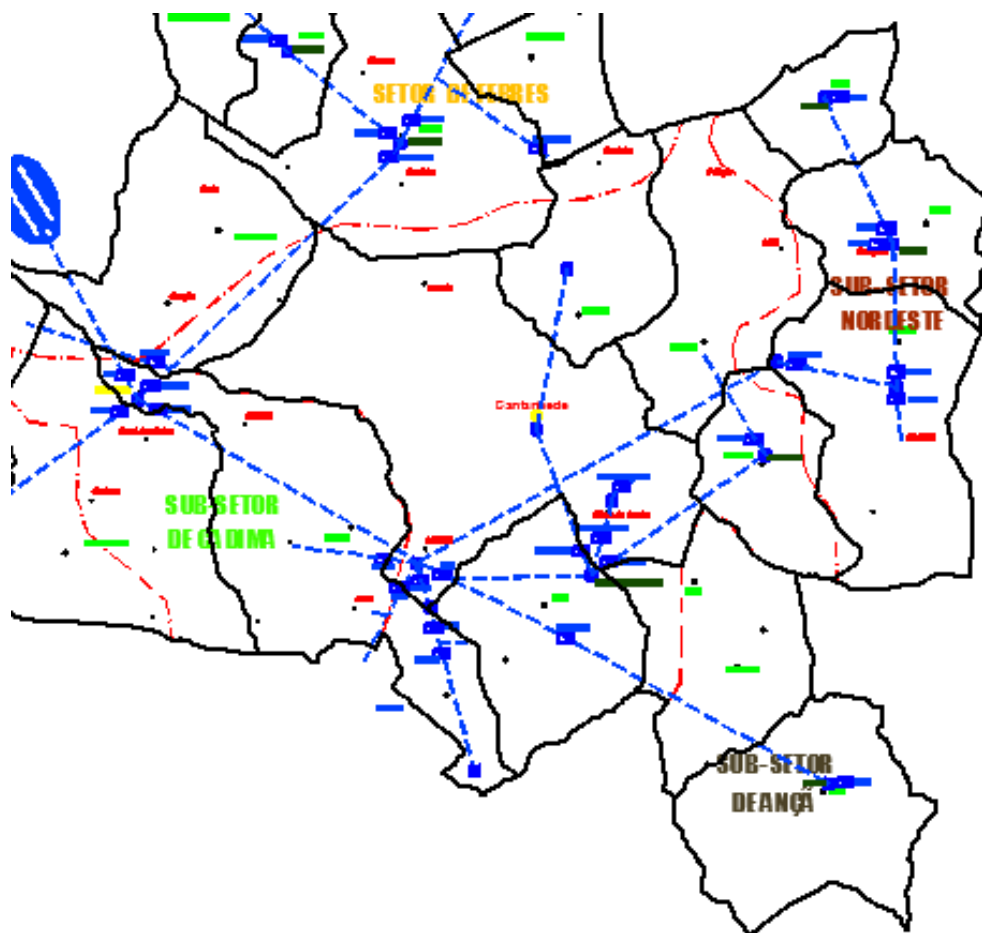


Figura 19. Setor de Lemedo, adaptado de Civil & Martinho (2013)

3.1.4.1. Subsectores

O setor de Lemedo tem três subsectores devido a complexidade de distribuição da água nessa região.

- O subsetor de Cadima tem origem no reservatório apoiado e elevado de Lemedo, abastece parte da freguesia de Sanguinheira e exporta água para o Município de Monte Mor Velho (S. D. O. Martinho, 2013), conforme a figura 20:

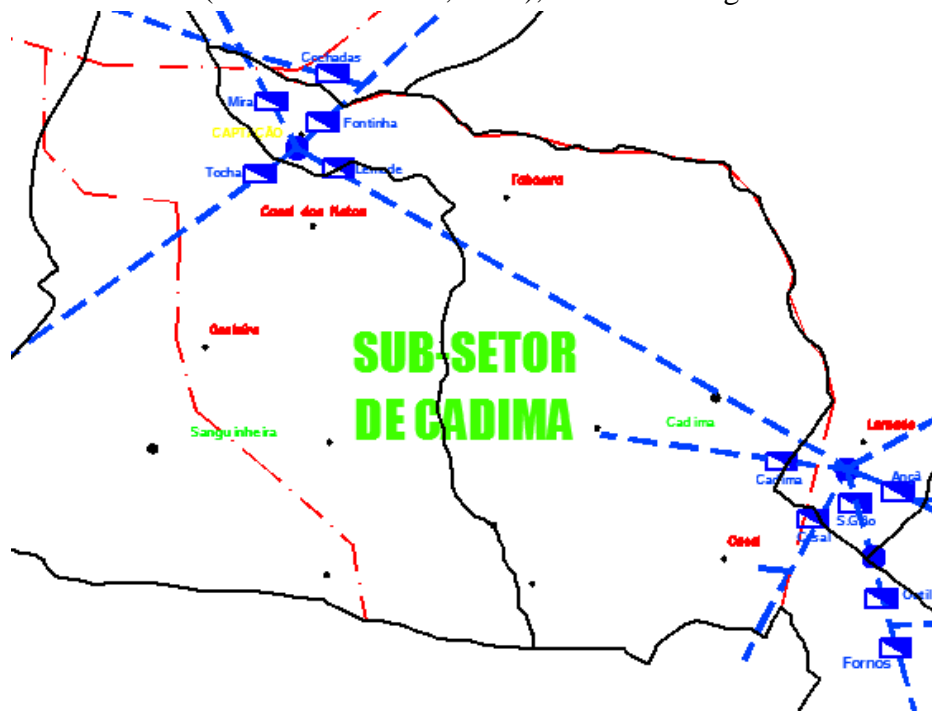


Figura 20. Subsetor de Cadima, adaptado de Civil & Martinho (2013)

- O subsetor Nordeste, parte do reservatório semi-apoiado do Alto do Murtede abastece o RNV de Exofães por uma conduta adutora, o RNV de Sepins por uma conduta distribuidora e ainda o RNV de Bolho que é abastecido por uma conduta-adutora, conforme a ilustração da figura 21:

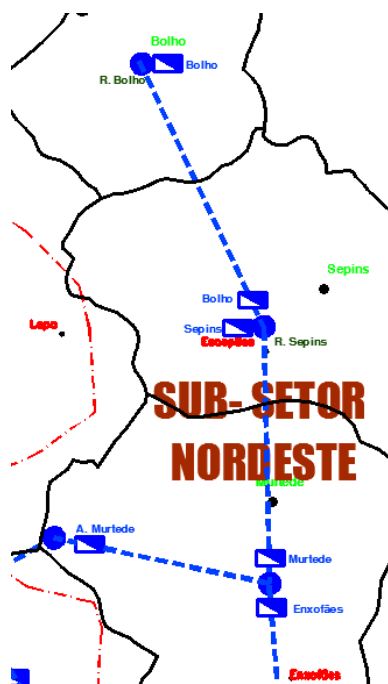


Figura 21. Subsetor Nordeste, adaptado de Civil & Martinho (2013)

- O subsector de Ançã e seus arredores nomeadamente Portunhos e Pena, são abastecidos pelos reservatórios apoiados de Ançã, a figura 22, ilustra o subsector:

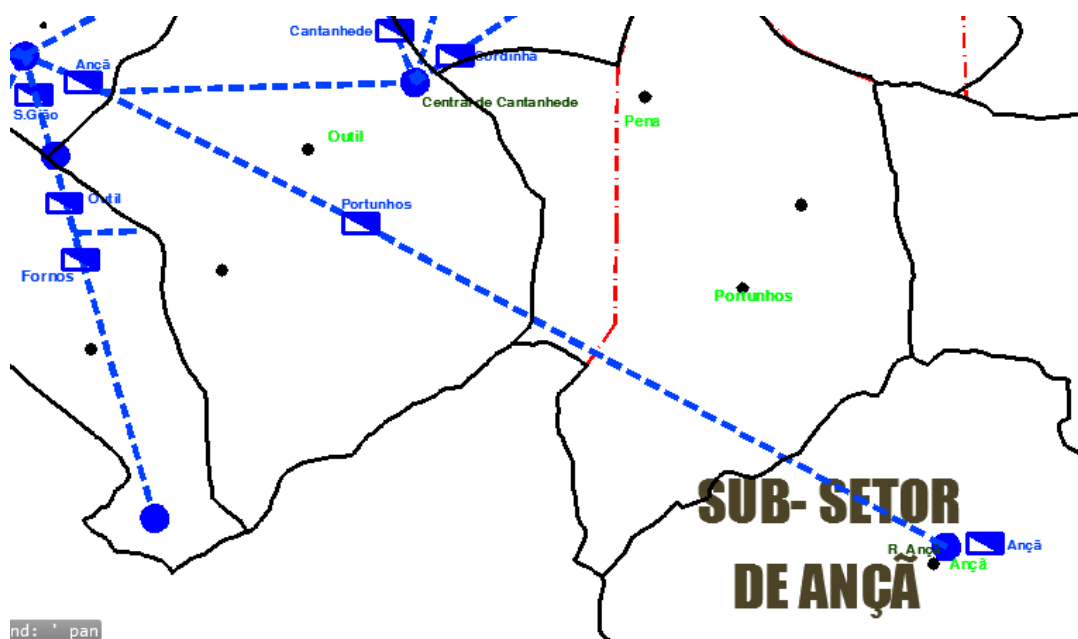


Figura 22. Subsetor de Ançã, adaptado de Civil & Martinho (2013)

3.2. Consumos e perdas

A medição dos consumos é usada no sentido de gerir eficientemente o SAA, sendo parte integrante para a faturação da água. Um SAA solicita consumos de água para diversos grupos de utilizadores e para as perdas físicas de água que se verificam nos diversos conjuntos de condutas e restantes componentes. Estimar estes consumos constitui um árduo trabalho no processo de desenvolvimento de um modelo de simulação uma vez que os consumos humanos têm um comportamento de natureza estocástica, tanto no tempo como no espaço e são invariavelmente a maior fonte associada a incerteza (Coelho et al., 2006).

Os sistemas públicos e privados de distribuição de água tem solicitações de consumo doméstico, comercial, industrial, de utilização pública pelos municípios e as não autorizadas como sendo as perdas de água devido a fugas ou extravasamentos (Vieira, 2013), a figura 23 faz o resumo dos consumos autorizado e as perdas de água num SAA:

Água entrada no sistema	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]	
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]		
			Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
				Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]		Uso não autorizado [m ³ /ano]	
				Erros de medição [m ³ /ano]	
		Perdas reais [m ³ /ano]		Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
				Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
		Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]			

Figura 23. Componentes do balanço hídrico do sistema (Alegre et al., 2005)

Os consumos ocorrem ao longo das condutas através de ramais de ligação. No modelo analisado foi feita a simplificação no sentido de estes só serem atribuídos nos quatro nós a jusante dos reservatórios. Na realidade a medição fiável dos principais volumes de água deverá constituir parte integrante das funções de abastecer e distribuir a água não só para efeitos de modelação mas sobretudo pelo incremento das capacidades de análise e gestão da oferta, incluindo a avaliação de perdas (Vieira, 2013).

Foram associados valores de consumo base nos nós que correspondeu aos pontos de entrega, consumos base são valores aproximados que advém dos consumos calculados a jusante dos reservatórios, representam o consumo medio acumulado no nó ao longo do tempo pelo qual é feita a modelação. De um modo geral estes consumos no modelo foram determinados do seguinte modo:

1. Foram calculados os valores médios dos caudais para cada ponto de entrega nas saídas dos reservatório elevados e apoiados (ver tab.10), referente a operação verificada no dia 5 de outubro de 2020, o que equivaleu a 24 horas de operação do SAA a partir do ETA de Olhos de Ferwença até a entrega de caudal nos quatro setores.

A tabela 10, é representativa dos valores de consumo base agregados aos nós: N7, N10, N15 e N18 que correspondem respetivamente as redes de distribuição dos setores da Mira, Fontinha, Tocha e Lemedede.

Tabela 10. Consumos base associados aos pontos de consumo em 24 horas de operação

Ponto de entrega	Pontos de Consumo	Caudal medio diário (m³/h)
Rede da Fontinha (N10)	Vilamar, Covões	83,69
Rede da Tocha (N15)	Praia da Tocha	78,13
Rede de Lemedede (N18)	S. Gião, Sete Fontes, Portunhos, Ançã, Central de Cantanhede.	296,6
Rede da Mira (N7)	Município da Mira	42,89

3.3. Tratamento de series temporais de caudal e determinação de padrões de consumo

Com o propósito de realizar uma simulação dinâmica em 24 horas de operação do sistema, foi necessário introduzir no modelo os padrões temporais para os consumos associando-os aos respetivos pontos de entrega. Estes padrões correspondem à sequência de fatores multiplicativos do consumo, para cada passo temporal da simulação hidráulica (Coelho et al., 2006).

Os dados dos caudais fornecidos a montante dos reservatórios foram cedidos pela entidade gestora e corresponderam a três dias da semana (quinta-feira, sexta-feira e

sábado) do mês de outubro de 2020, para o mesmo período foram cedidos os dados dos níveis e do funcionamento das bombas para as quatro adutoras do sistema em análise.

Segundo Pascoal (2018), a representação do comportamento dos caudais em um passo mais curto torna mais exata a modelação e a fiabilidade do modelo garantindo uma boa reprodução das aberturas e fechos da válvula de entrada do reservatório, sendo suficiente para a fiabilidade do modelo em análise.

No sentido de verificar o comportamento da SAA com base em padrões temporais e garantir uma boa interpretação, tomou-se como exemplos dados de consumo do ano 2016 e foi possível verificar que na época baixa o padrão de consumo mostrou consumos altos entre as 00:00 horas e 5:00 horas em relação a época alta, mas nos restantes momentos este consumo foi superado pela época alta. Este tipo de análise levou a entender como o SAA da Região de Cantanhede tem características peculiares de hábitos de consumo para as duas épocas como mostram os padrões da figura 24, e são sem dúvidas os padrões representativos do comportamento da SAA para 24 horas de operação em duas épocas distintas.

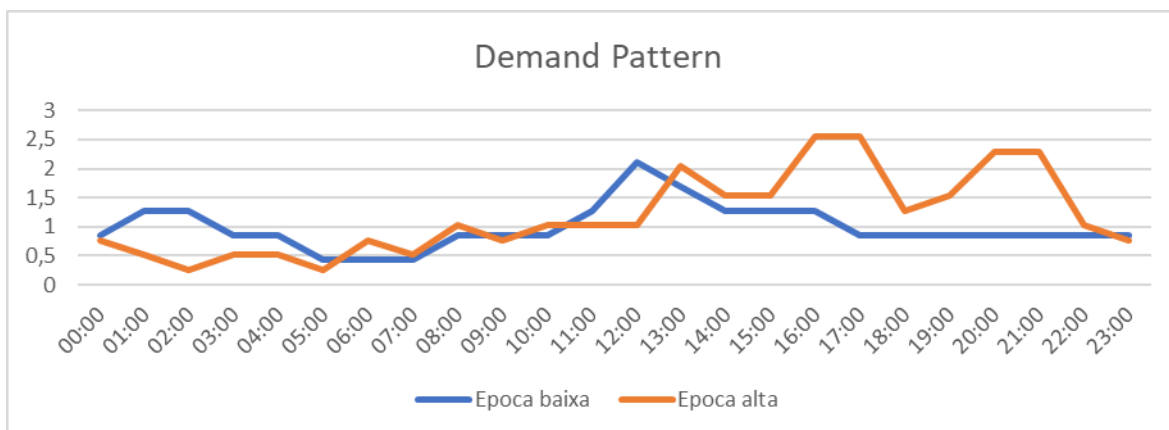


Figura 24. Exemplo de padrões de Consumo para épocas alta e baixa em janeiro e julho do ano 2016, Fonte: INOVA

O tratamento das series temporais para os consumos foi estabelecido como sendo razão do valor médio dos consumos em função do consumo verificado a cada 15 minutos:

$$Padr\tilde{a}o = \frac{Media\ de\ Consumos\ em\ 24\ horas}{Valor\ do\ Consumo\ a\ cada\ 15\ min} \quad (12)$$

A operacionalização do modelo assume-se como a metodologia usada para o alcance dos objetivos. Serão descritas as fases do trabalho desenvolvido, a descrição dos componentes do modelo, analisado o modelo estático e posteriormente será calibrado o modelo dinâmico, para ambos modelos será feita à análise dos indicadores de eficiência da rede.

4. Operacionalização do modelo

A operacionalização do modelo assumiu vital importância nesta dissertação, pois com base nas várias fases de desenvolvimento, planeamento, construção do modelo, análise de dados do terreno, foi desenvolvido um esforço que conduziu ao objetivo pretendido.

4.1. Desenvolvimento, Planeamento e construção do Modelo

O desenvolvimento do modelo requer a sua planificação para poder-se simular com sucesso, deve-se minorar o esforço do modelador e garantir a rentabilidade deste, bem como os recursos envolvidos. Quando o modelo recai sobre um sistema existente, está ao alcance do analista a realização de um processo de aferição de resultados de modo a aproximá-los, na medida do possível, da realidade e determinar até que ponto tal é conseguido (Coelho et al., 2006).

De um modo geral a tipificação do processo de desenvolvimento de um modelo esta ligada a fases de um planeamento minucioso.

O planeamento vai subdividir-se em fases segundo Coelho et al., (2006) e podem-se sintetizar os principais objetivos de cada fase e os resultados que se esperam, sendo que esta definição afigura-se estratégica.

Fase A – Planeamento do modelo; nesta fase a definição de objetivos e âmbito do sistema faz-se importante bem como o levantamento preliminar de dados de cadastro do projeto. Também se define a codificação dos dados a modelar e por fim faz-se a definição de opções de configuração da modelação e tem-se como resultado deste processo a especificação do objeto de estudo.

Fase B – Construção do modelo-descrição física do sistema: a obtenção dos resultados do modelo contendo a descrição física completa do sistema (condutas, nós, reservatórios, válvulas, estações elevatórias e outros dispositivos físicos) é o resultado que se espera da introdução dos dados de localização das infraestruturas e respetivas características bem como a organização dos respetivos elementos segundo a estrutura definida.

Fase C – Construção do modelo-consumos: na generalidade este pressuposto compreende a recolha e formatação de dados de medição de caudais, a análise estatística de dados de caudal, produção de padrões de consumo e tipificação de cenários bem como o processamento dos dados para carregamento no modelo antecedido pela recolha de elementos relativos á distribuição espacial de consumos na rede e afetação de consumos nos nós na rede.

A introdução de consumos nos nós e de padrões temporais de consumo no ficheiro computacional do modelo previamente criado – no caso de se pretender criar vários cenários de modelação, existirá pelo menos um ficheiro de modelo por cenário são os resultados que se esperam nesta fase.

Fase D – Construção do modelo-controlo Operacional: esta fase pauta pelo refinamento e tipificação dos cenários, processamento dos dados para carregamento no modelo e o mais importante dependendo da complexidade do sistema a análise das regras de operação do sistema (níveis de operação de reservatórios, regulações de válvulas, bombas e entregas de caudal). Terá como resultados a introdução dos dados nos ficheiros computacionais do modelo dos elementos descritivos das regras operacionais de controlo, níveis de operação de reservatórios, consignas de caudal e regulações de válvulas e bombas.

Fase E – Implementação da solução-base: consiste na compilação dos ficheiros completos correspondentes aos cenários modelados, a eliminação dos erros detetáveis e afinação de opções de modelação, exploração das capacidades de simulação oferecidas e ganho de sensibilidade ao modelo. O que resultara em versões de base plenamente funcionais do modelo, de acordo com os cenários selecionados previamente.

Fase F – Verificação e calibração do modelo: a identificação de anomalias de funcionamento do modelo bem como a análise de falhas e sua posterior correção, a verificação da conformidade dos resultados obtidos com os dados de projeto fazem parte desta fase que terá como resultados versões calibradas e plenamente funcionais do modelo, de acordo com os cenários selecionados previamente.

Fase G – Exploração do modelo e Planeamento da gestão futura: nesta fase definem-se as potencialidades do modelo para apoio aos projetos e planeamento, faz-se a análise hidráulica e avaliação do desempenho técnico, a análise de qualidade da água e o planeamento do desenvolvimento continuado do modelo. Esperando-se como resultado, ter versões calibradas, funcionais e atualizadas do modelo, de acordo com os cenários selecionados previamente e com as utilizações finais decididas.

A abordagem do Planeamento do Processo de calibração é um pouco diferente mas com os mesmos fundamentos (Ormsbee & Lingireddy, 1997) sendo que :

- Identificação dos objetivos do uso do modelo;
- Determinação das estimativas dos parâmetros do modelo;

- Recolha de dados de Calibração;
- Teste ao modelo baseado nas estimativas iniciais consideradas;
- Macro Calibração;
- Análise de sensibilidade;
- Micro Calibração.

Mais adiante neste capítulo faz-se uma descrição dos procedimentos do processo de calibração.

Antes do planeamento e construção de qualquer modelo de simulação, é recomendável a obtenção de informação necessária com as suas especificidades;

- Dados que descrevem as características dos componentes físicos do sistema, tais como condutas, reservatórios, válvulas e bombas, incluindo a referenciação de coordenadas e cotas dos nós que os definem, e o traçado da rede daí resultante;
- Dados de consumo e de caudal, que reproduzem o melhor possível a distribuição espacial e o comportamento temporal das solicitações ao sistema, para os cenários a analisar; e
- Dados sobre o funcionamento operacional do sistema, que refletem o modo como os seus componentes controláveis – ex., válvulas e grupos elevatórios.

Nesta fase foi necessário uma aproximação e conhecimento básico dos componentes do modelo. Para o caso do SAA do Município de Cantanhede a entidade gestora INOVA/SCUBICS forneceu modelos com informação inserida excetuado as válvulas. Na base dos pré-modelos foi possível ter as condições iniciais do sistema.

Procedeu-se ao processamento de dados que fazem parte do sistema físico na base de informações fornecidas pela gestora da SAA. Constatou-se a inexistência de dados referentes a pressões, configuram-se alguns elementos fundamentais ao desenvolvimento do modelo. As informações encontravam-se em várias plataformas sendo as principais as folhas de calculo *EXCEL* e outras que foram geradas com o auxílio do *Google Earth* (ferramenta de geoprocessamento e cartografia digital), foram recolhidos os seguintes dados:

- Informação geográfica (cotas topográficas, traçado e comprimento das condutas); ·
- Material e diâmetro das condutas; ·
- Dimensões dos reservatórios; ·
- Níveis de água em reservatórios; ·
- Caudais nas principais condutas; ·
- Curvas características dos sistemas de bombagem; ·

No EPANET 2.0 a inserção de dados foi antecedida pela configuração das unidades dos parâmetros ou principais grandezas que descrevem o modelo no sentido de os resultados refletirem o objetivo pretendido.

O Modelo teve em conta quatro pontos de entrega, o Reservatório da Estação de Tratamento de Águas de Olhos da Fervença foi a fonte do sistema (Veja tabela 11).

Tabela 11. Reservatórios e respetivos pontos de Consumo/Entrega do SAA.

SAA-Cantanhede		
Pontos de Entrega/Setores	Reservatórios	Pontos de consumo
Fontinha	R_Fontinha	Vilamar
		Covões
Município da Mira	R_Mira	Município da Mira
Tocha	R_Tocha	Praia da Tocha
		Município do Minho Velho
Lemedede	R_Lemedede	São Gião
		Fornos
		Sete Fontes
		Central de Cantanhede
		Portunhos
		Ançã
		Município de Coimbra

4.2. Descrição do sistema modelado

O manual para o EPANET 2.0 descreve de forma categórica todas componentes físicas do sistema hidráulico e como podemos descrever o seu comportamento bem como os resultados esperados na razão das variáveis e dados inseridos (Rossman, 2005).

O modelo refere-se a uma representação hidráulica de 24h na região de estudo e simulação do sistema do Município de Cantanhede. Esta região corresponde a fonte, RNVs e RNF respetivamente Tocha, Fontinha, Mira e Lemedede.

4.2.1. Condutas

No modelo da SAA que foi acedida, as condutas eram troços únicos desde a ETA Olhos de Fervença e os quatro reservatórios a jusante, de forma a adequar o descrito no ficheiro do *Google Earth*, foram adicionadas válvulas de controlo com a criação de pequenas condutas a jusante das bombas. As condutas foram divididas em troços, mas tendo o cuidado de minimizar o excesso de condutas em troço remetendo-as a uma única conduta adutora, este processo para além de facilitar o processo de modelação visou conferir e legitimar os dados encontrados nos modelos cedidos, foi com base no *Google Earth* que a verificação foi feita.

Na configuração das condutas existe a opção do estado, esta foi mantida aberta para a generalidade das condutas e face ao escoamento em sentido contrário do fluido na conduta, foi definida uma válvula de retenção/controlo (CV) que manteve o sentido positivo de escoamento. As válvulas CV são verificadas também logo a jusante do sistema elevatório ou bomba e a jusante dos reservatórios.

4.2.2. Composição das condutas e idade

As condutas do SAA do Município de Cantanhede remontam deste que o sistema foi construído, os materiais como o Fibrocimento e Ferro Fundido foram os primeiros empregues na construção do sistema com idade média para os materiais antigos de mais de 30 anos nos setores de Lemedede Tocha e para as localidades de Casal de Cadima e Fornos sendo que a maior parte do sistema é constituído por PVC segundo (S. Martinho, 2013).

Segundo o mapa da figura 25, o Setor de Lemedede é o mais extenso do SAA de Cantanhede com mais ligações a rede e por conseguinte maior recetor da água produzida na ETA de Olhos de Fervença.



Figura 25. percentagem dos materiais das condutas no Município de Cantanhede(INOVA-EM-DS.A.,2013), adaptado de Civil & Martinho (2013)

4.2.3. Perda de Carga

A perda de carga hidráulica na tubagem, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, foi determinada pela fórmula de Darcy-Weisbach que é teoricamente a mais correta. É aplicável a todos os regimes de escoamento e a todos os líquidos e baseia-se na equação que faz o cálculo da perda de carga continua entre o nó inicial e final da conduta:

$$h_L = 0.0827 f(\varepsilon, d, q) d^{-5} L \quad (11)$$

Nisto, h_L = perda de carga (Comprimento), f = fator de Darcy-Weisbach (depende de ε , d e q), d = diâmetro da tubagem (m), L = comprimento da tubagem (m), q = caudal (m^3/s).

Dependendo dos materiais de que as tubagens ou condutas são feitas, os seus coeficientes de rugosidade variam, no entanto, os valores dos coeficientes das fórmulas de perda de carga podem alterar-se significativamente com a idade da tubagem. Para os coeficientes da rede existente os valores de rugosidade encontram-se na tabela 12, esses valores sofreram alteração durante o processo de calibração do modelo.

Tabela 12. Rugosidade dos materiais (Wren, 2003)

Material	ε, Darcy-Weisbach (mm)
Ferro fundido	0.25
Concreto	0.3-3
Ferro Galvanizado	0.15
Plástico	0.0015
Aço	0.03
Grés	0.3

Adotada a fórmula de Darcy-Weisbach, o EPANET utilizou diferentes métodos para calcular o fator de resistência (f), consoante o regime de escoamento, sendo que:

- Num regime laminar onde $Re < 2000$ usa a fórmula de Hagen-Poiseuille:
- No escoamento turbulento usa a fórmula de Swame e Jain com aproximação da fórmula de Colebrook-White para escoamento turbulento rugoso ($Re > 4000$):
- E o último método usado é o da interpolação cúbica, a partir do ábaco de Moody, para o escoamento turbulento de transição ($2000 < Re < 4000$).

As perdas de carga nas tubagens vão aumentando conforme a idade das condutas mas à perda de carga também pode verificar-se em estrangulamentos e curvas segundo Pascoal (2018).

Na simulação do modelo, foram introduzidos troços com diâmetros que variaram entre 160 mm a 500 mm.

4.2.4. Reservatórios de nível fixo (RNF)

Os principais parâmetros inseridos nas propriedades do reservatório de nível fixo foram: o nível de Água. O reservatório de nível fixo foi um ponto de fronteira cujas propriedades foram totalmente independentes do funcionamento da rede, o que decorre da sua capacidade ser ilimitada. Assim, a respetiva carga hidráulica não pode ser afetada pelo que se passa dentro da rede, de modo que os resultados desse parâmetro não foram alterados durante a simulação. No entanto, o modelador pode pré-definir, para um reservatório de nível fixo, que a carga hidráulica seja variável no tempo, associando-lhe um padrão temporal.

O modelo de estudo não incorporou uma captação sendo a sua fonte o Reservatório da ETA de Olhos de Ferverça com 8 furos para a captação da água. O modelo tem um reservatório de nível Fixo (RNF) conforme o modelo base fornecido pela entidade gestora sendo a sua cota situada em 28,0 metros (Veja figura 26)

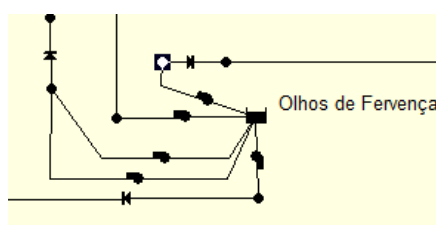


Figura 26. Representação da RNF de Olhos de Ferverça do SAA do Município de Cantanhede

4.2.5. Reservatórios de Nível Variável (RNV)

Os reservatórios de nível variável são também nós especiais da rede, possuindo uma capacidade de armazenamento limitada e podendo o volume de água armazenada variar ao longo da simulação. Um reservatório de nível variável é caracterizado pelas seguintes propriedades principais: cota do fundo (onde a altura de água é zero), altura de água mínima (altura de soleira), altura de água máxima, altura de água inicial para o cenário a ser simulado.

As definições das alturas de água fizeram-se em relação ao ponto para o qual se indicou a cota do fundo do reservatório de nível variável. Os principais resultados produzidos pela simulação ao longo do tempo são: carga hidráulica (nível de água) e qualidade da água (esta não fará parte da nossa análise).

Os reservatórios de nível variável são modelados para operar entre as alturas de água mínima e máxima. Do modelo fornecido pela entidade gestora a altura da água mínima e altura da água máxima foram definidas com base em medições efetuadas no terreno e em sistemas de telegestão presentes em alguns pontos da rede.

Os reservatórios foram simulados em formato circular como uma única célula de diâmetro equivalente correspondente ao volume total das células. Com base em dados fornecidos pela gestora dos SAA do Município de Cantanhede, foi possível verificar os valores referentes aos diâmetros dos RNVs do Sistema. Ver a tabela 13:

Tabela 13. Características dos reservatórios a modelar

Reservatório	Nr de Células	Volume de Água(m ³)	Diâmetro equivalente(m)	Níveis (m)	
				Máximo	Mínimo
ETA	2	800	21,7	28	2
R_Mira	1	157	7,07	4	1
R_Tocha	1	500	9,19	4.5	1.5
R_Lemedede	3	2300	29,42	3.5	1
R_Fontinha	1	1200	14,2	6	2

4.2.6. Válvulas

Os dados dos nós inicial e final, diâmetro, parâmetro de controlo na válvula de Estado, foram inseridos conforme as solicitações. Os principais resultados produzidos pela simulação serão o caudal e a perda de carga.

No modelo em estudo e análise, foram introduzidas válvulas de alívio e segurança (VA), isto foi feito com o objetivo de regular a pressão e regular o caudal a entrada dos RNVs. Os reservatórios de uma forma geral são constituídos a entrada da água por um regulador de nível que fechava ou abria no sentido de manter um caudal na rede.

Na generalidade as válvulas para uma SAA são válvulas altimétricas, flutuadores e válvulas de manobra acionadas por servomotores (Pascoal, 2018), este tipo de válvulas conforme paragrafo acima, regulam o caudal mantendo o nível de funcionamento dos Reservatórios. Estes tipos de válvulas no modelo são substituídos pelas válvulas:

- Temperature Control Valve ou Válvula de controlo de Temperatura (TCV);
- Flow Control Valve – Válvula de Controlo de Caudal (FCV);
- Pressure Safety and Relief Valve – Válvula de Controlo e Segurança (PSV); e
- Control Valve – Válvula de Controlo (CV).

Mas a modelação teve em conta as Válvulas PSV modeladas como altimétricas. A adição de válvulas ao longo do SAA foi no sentido de regular a pressão a montante na entrada da válvula para o reservatório e jusante ajustando sempre que necessário os níveis do reservatório e a cota se necessária. A figura 27, representa os elementos que devem agregar as válvulas altimétricas:

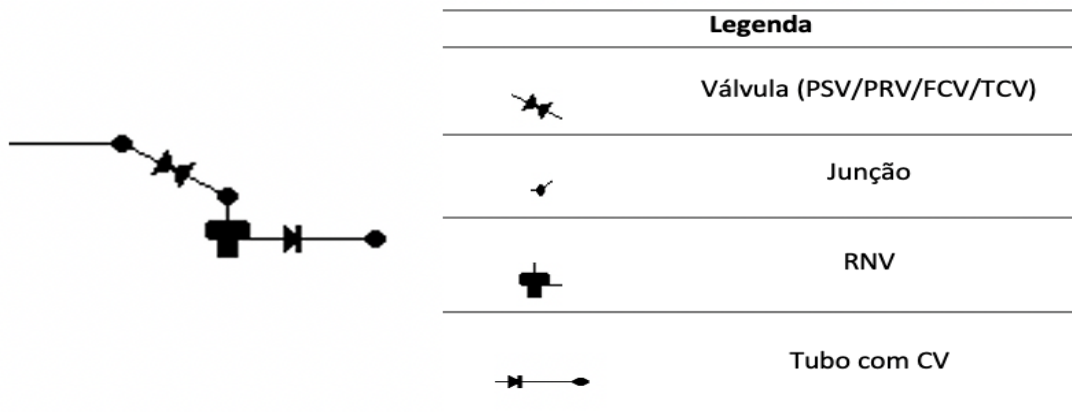


Figura 27. Representação de uma válvula a montante de um RNV, adaptado de (Pascoal, 2018)

4.2.7. Estações elevatórias

Para o suprimento de caudal ao longo do sistema através da adução da água, a saída de caudal da ETA-Central de Olhos de Ferverença é servida por uma estação elevatória e oito estações elevatórias a jusante de Lemedede, Central de Cantanhede, Ançã, Portunhos, Sete fontes, Alto do Murtedede e Covões. Partindo da estação de Central Olhos de Ferverença, a água é elevada até quatro pontos de entrega que constituem zonas sectorizadas nomeadamente Lemedede, Fontinha, Município da Mira e Tocha, constituídos por reservatórios elevados e térreos.

4.2.8. Bombas

Parte do sistema modelado é constituído por cinco bombas da ETA de Olhos de Ferverença as quais transferem energia para o escoamento, aumentando a sua carga hidráulica. Foram inseridos os dados referentes aos nós inicial e final e a curva da bomba (combinação de valores de carga hidráulica e caudal que definem a curva de funcionamento). Em vez da curva característica, a bomba pode ser representada por um parâmetro que forneça um valor constante de energia (horsepower (hp) ou quilowatt (kW)) ao escoamento, para todas as combinações de caudal e carga hidráulica.

Das cinco bombas, duas fazem a elevação de caudal para o Reservatório da Mira. Os principais resultados produzidos pela simulação são o caudal bombeado e a altura de elevação. O escoamento através da bomba é unidirecional.

As curvas características das bombas estavam inseridas nos modelos disponibilizados pela Entidade Gestora- INOVA, e foi constituída pelas curvas disponibilizadas pelos técnicos da Entidade Gestora (operadores do EPANET 2.0).

Foi necessário a incorporação de padrões temporais que justificavam as condições de operação das bombas.

4.2.9. Nós

Os nós, são os pontos da rede de união dos trechos, onde a água entra e sai da rede. Os principais dados de entrada foram: as cotas acima de determinado nível de referência (usualmente o nível médio do mar) e os consumos base dos quatro pontos de entrega a jusante dos reservatórios. Os nós ainda podem apresentar um consumo variável no tempo, possuir múltiplas categorias de consumo associadas, possuir consumos negativos indicando que há entrada de água na rede, constituir origens de qualidade da água, onde os respetivos parâmetros de qualidade entram na rede, conter dispositivos emissores do tipo orifício (p.ex., aspersores), os quais fazem com que o caudal efluente dependa da pressão.

4.3. Controlo Operacional

Este define e programa as ações e os meios necessários a realização dos objetivos estratégicos e traduz-se na operacionalização da estratégia definida no plano da empresa, sendo este um instrumento de natureza previsional e procura avaliar em que medida os objetivos estratégicos são realizáveis (Luís & Alves, 2017).

Pascoal (2018), salienta e reforçou o explanado por Luís & Alves (2017), os controlos operacionais são compreendidos como conjunto de instruções que estabelecem o modo como a rede de um SAA é operada ao longo do tempo em função de determinadas condições e que no caso vertente são aplicados ao estado das condutas, bombas ou válvulas. Essas foram acionadas em função das condições como: tempo, altura da água no reservatório e a variação do caudal ou pressão em determinados pontos da rede.

A simulação eficaz do caso de estudo teve em conta todo o funcionamento operacional, acionamento automático da rede tendo como exemplo a regulação da velocidade de uma bomba e mais parâmetros que envolvam os elementos físicos (Rossman, 2005).

Existem dois tipos de controlos: controlo simples que altera o estado das propriedades de um troço ou parâmetro de controlo como as propriedades de um troço com base na altura da água do reservatório, na pressão de um nó, no instante de simulação e no instante do dia. O segundo tipo de controlo permite que o estado e as propriedades dos troços dependam da combinação de um conjunto de condições que podem ocorrer na rede, após o cálculo das condições hidráulicas (Pascoal, 2018; Rossman, 2005).

4.4. Modelo base

A esquematização, as características base e elementos condicionantes que inferiram na construção de um modelo base simplificado que atenda as necessidades da modelação

proposta pela Gestora do sistema, tiveram em conta o modelo geral do sistema da figura 29, que apresenta o esquema do modelo que se assemelha ao mapa de todo Sistema de Abastecimento de Água de Cantanhede.

No primeiro modelo base simplificado, estavam presentes, um RNF da ETA de Olhos de Ferverça, quatro RNVs com cinco bombas de adução, duas bombas de adução para o RNV de Mira, uma bomba para RNV de Fontinha, uma bomba para RNV de Lemede e por fim uma bomba para a RNV de Tocha. Neste modelo base não se encontravam incorporadas as válvulas de segurança ou redutoras de caudal.

As componentes referidas acima podem ser observadas no mapa da figura 28, fornecido pela INOVA.

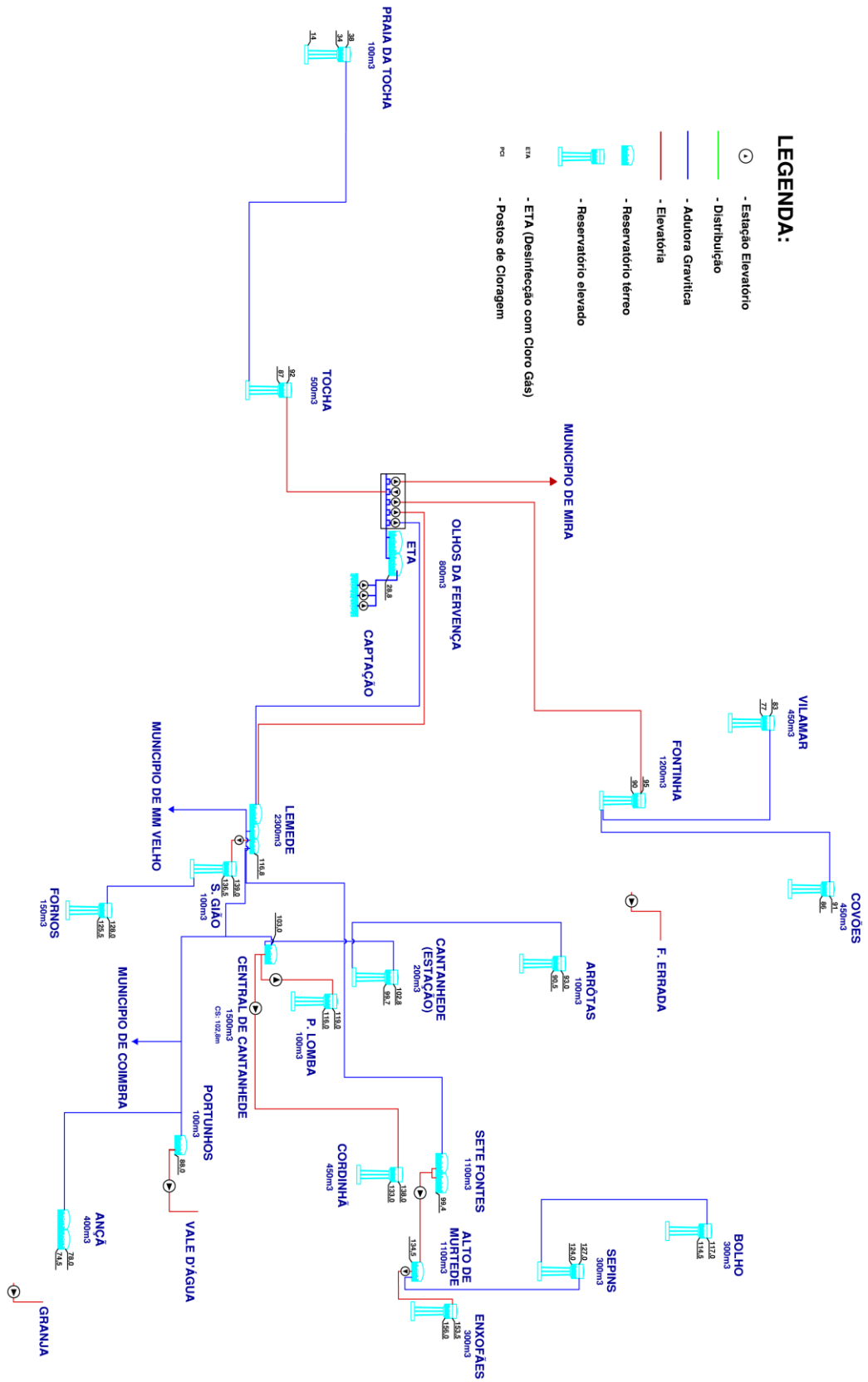


Figura 28. Representação esquemática do Sistema de Adução e distribuição de Água do Município de Cantanhede

A representação esquemática simplifica e facilita a leitura do modelo que reúne um conjunto de informações compiladas com o propósito de entendê-lo, diga-se que este não está calibrado e a informação presente dá um entendimento do sistema descrito. Tendo sido o primeiro ganho, a motivação para tal compilação cuja utilidade não deve ser desprezada (Coelho et al., 2006; Pascoal, 2018).

A informação usada no modelo foi compilada e registada em diversas plataformas da Gestora do sistema, nessa fase foi possível a identificação e eliminação de alguns erros o que deu sucesso ao modelo em análise.

4.5. Identificação e correção de erros de funcionamento do modelo.

O EPANET 2.0, processa um relatório de estado sempre que a simulação não corre com sucesso, são várias as mensagens de aviso e erros que estão associadas aos respetivos elementos identificados com um código (ID) e localizadas no tempo.

O primeiro erro verificado no modelo foi: bombas fechadas, pressões negativas, conexões com sistema desconectado, pelo depois seguiu o erro de instabilidade do sistema, como se demonstra no exemplo a seguir:

Warning: Maximum trial exceed at 9:25:14 hrs. System may be unstable

Isso acontece quando o EPANET 2.0 não consegue convergir soluções hidráulicas em determinados passos de cálculo. As configurações para os modelos do EPANET 2.0 são para 40 tentativas de cálculo hidráulico, a solução que se apresentou foi de aumentar o número de tentativas no sentido de satisfazer o volume de cálculos.

Neste processo os comandos operacionais são todos simplificados com o intuito de combater as dificuldades da convergência hidráulica do modelo de forma a evitar-se a incompatibilidade do sistema.

Ao longo do processo de modelação surgiram mensagens de aviso devido a pressões negativas no processo de simulação. Isto indicava a existência de determinados nós que não estão a receber o caudal pretendido por as condições do sistema não permitirem, sendo apresentada uma mensagem a qual dizia que a rede estava desligada ou desconectada, como por exemplo:

Warning: Negative pressures at 18:14:24 hrs.

Warning: Node N10 disconnected at 18:14:24 hrs.

Warning: System disconnected because of link Tb_7

Com recurso ao conhecimento do sistema e seu comportamento, foram reverificados os dados de entrada da água nos reservatórios e o funcionamento das bombas, foi possível

reconfigurar o sistema, controlando os níveis das águas foi possível limitar o caudal para uma simulação adequada.

O sistema real configurado e implementado pela INOVA tem incorporadas válvulas de seccionamento e altimétricas bem como é um sistema complexo possuindo várias válvulas de retenção, na operacionalização do modelo modificado foi necessário copiar as características do modelo real. Tendo-se inserido válvulas VA (Válvula de alívio) nas entradas de todos reservatórios elevados o que ajudou devido a complexidade do cálculo matemático e equilibrou-se o sistema levando ao sucesso da simulação. Foram mantidos as direções e estados de escoamento da água para os trechos, com a propriedade de retenção dos tubos CV (*Check Valve*) nos pontos de entrega de caudal de consumo as redes de distribuição dos setores da Fontinha, Lemedede, Tocha e Mira, este processo também acontece logo à jusante das bombas.

Na ausência de solicitação de caudal no ponto de entrega e a bomba encontrando-se ligada, foi uma situação recorrente e aceitável. As válvulas de seccionamento e as válvulas de retenção não são modeladas como elementos individualizados, mas sim como atributos das condutas, podendo estar ativadas ou não.

As válvulas de controlo e retenção (CV-Check Valve) devem ser colocadas a montante dos reservatórios mesmo que os reservatórios possuam uma entrada de caudal por cima, no EPANET esta é modelada como um atributo da conduta e nisto o escoamento é processado de um nó inicial para um nó final.

No caso em que a bomba não pode fornecer caudal, este não é um erro, mas um problema na modelação das bombas em que o caudal associado não podia satisfazer o sistema devido as diferenças de elevação onde situam-se a bomba e o RNV. As soluções para este caso consistiram na análise da curva de carga, análise da rugosidade do tubo a jusante bem como o diâmetro e a distância do tubo de escoamento.

4.6. Calibração do modelo e seus procedimentos.

No processo usado por Pascoal (2018), salienta a necessidade do desenho da estrutura física e operacionalização do sistema para o início dos procedimentos de calibração.

A calibração pode ser definida como o processo de comparação dos resultados de um modelo com que foi observado em campo, se necessário, ajustar os dados que descrevem o sistema até que o comportamento previsto pelo modelo concorde razoavelmente com o comportamento verificado na realidade (Walski et al., 2003; Pascoal, 2018). De outra maneira, a calibração tenta, por todos os meios matemáticos disponíveis, reduzir a distância entre a “realidade” e a “imagem” produzida pela Modelação.

Quanto melhor for a calibração, melhor será o nosso conhecimento da realidade e maior a capacidade de a melhorar em benefício de todos (Cheung & Souza, 2002; Vilas-Boas et al., 2008), tanto que a calibração de um modelo hidráulico é feita no sentido de atingirem-se melhorias em sistemas hidráulicos, concorda-se que esta é feita com base na comparação entre resultados do modelo e resultados de medições realizadas no sistema

físico (Coelho et al., 2006; Cunha et al., 2015). Assim, o processo de calibração do modelo beneficiará inevitavelmente da realização do maior número possível de observações das grandezas que refletem o comportamento do sistema físico a que corresponde.

Para o dicionário da língua portuguesa, atesta que a validação é o teste que comprova a validade, a correção ou concordância com padrões estabelecidos de dados introduzidos num sistema de computador.

Na modelação o termo validação tem um uso reservado para uma segunda etapa de calibração em que se comparam os resultados do modelo com um 2º conjunto de observações assim dito, a calibração atesta a validade de um modelo matemático ou *software*.

A calibração obedece a processos iterativos, existe muita repetição de passos até uma certa aceitabilidade, sendo que a calibração de um modelo devera sempre ser executada em função dos objetivos que se pretendem atingir e é imperioso que sejam usados dados de qualidade aceitável para a construção dos modelos (Coelho et al., 2006; Pascoal, 2018).

Os parâmetros tais como o “comprimento”, “diâmetro”, “rugosidade” e “cotas”, caracterizam o sistema de uma forma constante, enquanto as variáveis (de que é exemplo o “consumos nos nós”) de controlo refletem as oscilações do sistema, condicionando e regendo a relação entre os parâmetros do sistema e as variáveis do estado do mesmo. As variáveis de estado podem dividir-se em variáveis de 1ª e 2ª ordem. No caso do EPANET 2.0, a “Carga hidráulica” é a variável de estado de 1ª ordem, diretamente resultante da execução do programa. O “caudal nas tubagens” e a “pressão nos nós”, correspondem às variáveis de 2ª ordem, pois são obtidas matematicamente através da grandeza “carga hidráulica”, podendo-se considerar como resultados indiretos do processo de resolução do modelo após a introdução dos parâmetros (Vilas-Boas et al., 2008).

No processo de calibração o operador do sistema adquire habilidades que o tornam conhecedor e aprofunda o conhecimento sobre o sistema retratado, sendo que, proporciona um avanço significativo no entendimento sobre o comportamento e desempenho do sistema designadamente sobre a sensibilidade à variação dos parâmetros de calibração. Este processo de análise da sensibilidade permite a identificação de dados ou configurações que mais influenciam os resultados, possibilitando ao modelador concentrar-se preferencialmente no ajuste destes. Para além de outros parâmetros ajustados no modelo desenvolvido, foram ajustados os coeficientes de rugosidade no modelo com o intuito de ajustar o caudal (Coelho et al., 2006; Pascoal, 2018).

A confiabilidade e a exatidão dos dados fazem com que o modelo em certa medida não se afaste muito dos valores medidos em campo como o são os casos dos sistemas em alta, sendo os dados relativos a altimetria e níveis máximos e mínimos de reservatórios, alturas, caudais de elevação e regulação de válvulas de operação. A cuidadosa verificação dos dados operacionais resulta numa calibração dependente destes fatores e que conforme já referenciado no início é necessário o envolvimento ativo dos operadores do sistema no processo de análise e desenvolvimento do sistema (Coelho et al., 2006; Pascoal, 2018).

O conceito básico é simples: correr o modelo e comparar os resultados com medições de campo; se a diferença for superior à tolerância de erro pré-estabelecida, introduzir

ajustamentos e voltar a correr o modelo. Implica, no entanto, um procedimento sistemático que passará pelos seguintes passos (Coelho et al., 2006):

- Identificação do uso que se pretende dar ao modelo;
- Estabelecimento de um cenário-tipo para a comparação;
- Revisão das condições operacionais e, se necessário, de outros parâmetros do modelo;
- Recolha de dados de calibração; simulação inicial do processo iterativo, macro calibração, análise de sensibilidade, micro-calibração ou ajustamento fino.

O processo de calibração tem em conta o ajuste dos coeficientes de rugosidade e fugas nas condutas, sendo que dessa forma é possível ajustar os caudais e pressões em alguns pontos do sistema. As curvas hidráulicas das bombas também sofrem a calibração no sentido de ajustar o consumo energético (Coelho et al., 2006).

A implementação e desenvolvimento do modelo foram feitos em 24 horas de operação. Este processo de calibração requer maior exigência e apresenta um maior grau de dificuldade que a calibração para uma simulação estática.

Independentemente do planeamento e da metodologia de calibração assumida, as margens de erro, no final do processo, devem ser satisfatórias consoante os critérios que forem definidos (Gameiro, 2014). De acordo com os critérios estabelecidos pelo Water Research Centre (Great et al., 1989), o erro absoluto dos valores de pressão (diferença entre o valor calibrado e observado), deve estar dentro das seguintes faixas relativas aos critérios dos valores de pressão:

- 85% dos valores medidos na rede deverão satisfazer a maior das duas tolerâncias: ± 0.50 m ou $\pm 5\%$ da maior perda de carga verificada na rede.
- 95% dos valores medidos na rede deverão satisfazer a maior das duas tolerâncias: ± 0.75 m ou $\pm 7.5\%$ da maior perda de carga verificada na rede.
- 100% dos valores medidos na rede deverão satisfazer a maior das duas tolerâncias: ± 2.0 m ou $\pm 15\%$ da maior perda de carga verificada na rede.

► Critérios relativos aos valores de caudal

- Em condutas onde o caudal seja medido, e superior a 10% do consumo total da rede, o caudal modelado deverá igualar o caudal medido com uma tolerância de $\pm 5\%$.
- Em condutas onde o caudal seja medido, e inferior a 10% do consumo total da rede, o caudal modelado deverá igualar o caudal medido

Para as variáveis de decisão, será adotado o erro relativo da equação (13):

$$\text{Erro Relativo}_i (\%) = \frac{\text{Valor medido} - \text{Valor modelado}}{\text{Valor medido}} \times 100 \quad (13)$$

E no tocante ao erro relativo total será adotada a equação (14):

$$Erro\ Total = \sum_{i=1}^{nvd} Erro\ Relativo_i (\%). \quad (14)$$

Onde *nvd* é o número de eventos na simulação.

A equação (14) é critério de comparação entre os valores reais (sintéticos) e os valores simulados, sendo esta comparação não normalizada nos moldes do Water Research Centre (Great et al., 1989).

Walski et al.(2003), sistematizam um conjunto bastante abrangente de critérios quantitativos, em função das utilizações previstas para os modelos. Não deixam, todavia, de observar que os números fornecidos devem sempre ser tomados como guias, em função dos condicionalismos locais e dos objetivos pretendidos para a análise. Quando a tolerância é dada em termos de uma gama de valores, o limite superior será geralmente atribuível a sistemas maiores ou mais complexos, e o limite inferior a sistemas menores ou mais simples

Assim tendo por base os critérios descritos em cima e sendo possível, podiam-se definir as metas para a calibração do modelo. Esta foi realizada sobretudo tendo em conta a pressão nos pontos de entrega o equivalente ao nível dos reservatórios e ainda os caudais à saída das estações elevatórias. Os objetivos pré-estabelecidos para a calibração do modelo são, então, apresentados a seguir:

- O modelo deve fornecer valores de pressão com uma tolerância inferior a $\pm 5,0$ mca em 80% dos valores medidos nos pontos de rede selecionados, nomeadamente, pontos de entrega à entrada dos reservatórios de distribuição e a jusante de algumas válvulas (não faz parte da calibração para esta tese);
- O modelo deve reproduzir as flutuações de nível nos reservatórios com um erro associado inferior a 20 %;
- O modelo deve, por fim, conseguir simular os caudais à saída de instalações elevatórias e captações, também a saída dos reservatórios com uma tolerância inferior a 20%.

4.7. Análise e tratamento dos dados da Concessionaria do SAA de Cantanhede

A concessionaria do SAA de Cantanhede é a INOVA – Empresa de Desenvolvimento Económico Social Cantanhede, EM – S.A. constituída em 16 de abril de 2002 na base da Lei n.º 58/2012, de 31 de agosto.

È uma empresa local, de natureza Municipal com a sua sede social na zona Industrial 3064 Cantanhede.

Os dados cedidos pela INOVA foram:

- Níveis dos reservatórios;
- Caudais de adução;
- Curvas das bombas e períodos de funcionamento;

Através da plataforma *Google Earth* foram fornecidos dados dos diâmetros e comprimentos das condutas.

Os dados foram tratados de forma a conferirem ao modelo as informações necessárias para a sua operacionalização.

4.7.1. Consumos em 5, 6 e 7 de outubro

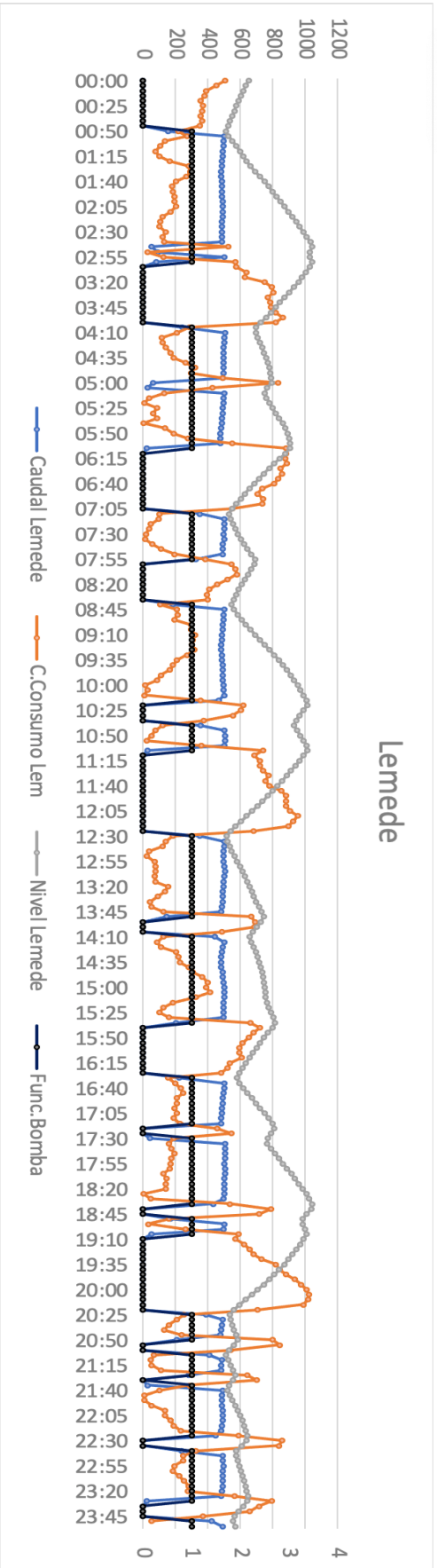
Da análise feita aos dados fornecidos pela INOVA/SCUBICS foi possível verificar que estes correspondiam a 3 dias da semana nomeadamente quinta-feira, sexta-feira e sábado dos dias 5, 6 e 7 de outubro de 2020. Verificou-se que estes estavam de acordo com o observado no terreno.

Dos gráficos produzidos notou-se que os níveis dos reservatórios variavam a medida que recebiam caudal à montante e o inverso acontecia quando estes entregavam caudal para o consumo nas redes de distribuição dos setores de Lemedede, Fontinha, Tocha e Mira.

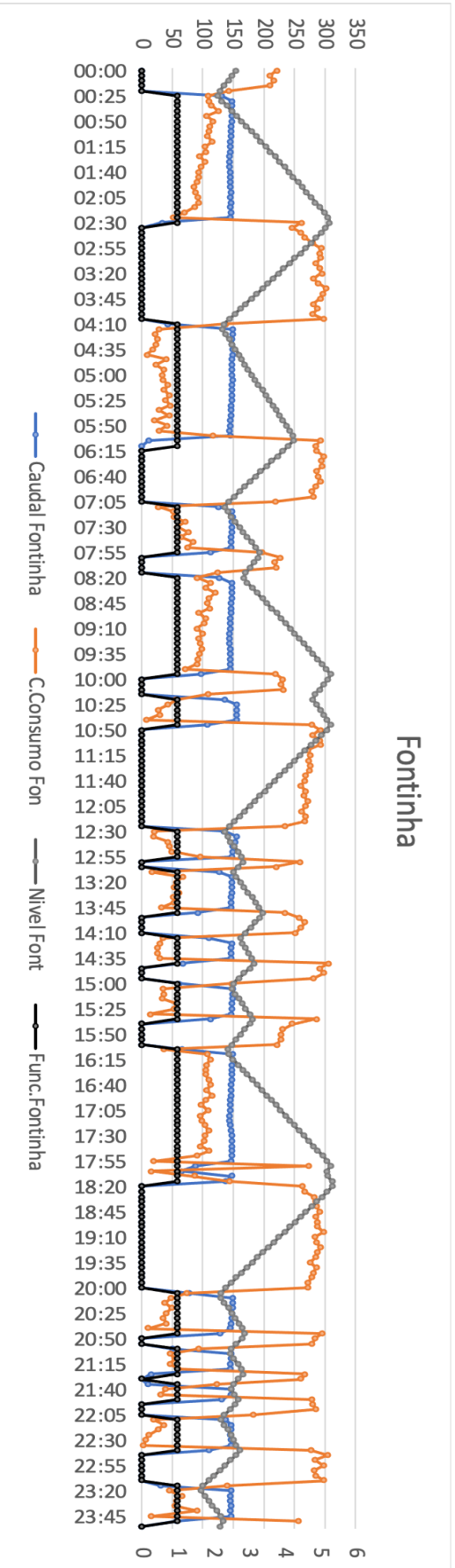
Do caudal de consumo foi possível verificar que diminuía a medida em que as bombas estivessem em funcionamento e aumentava com as bombas desligas, para este caso notou-se também que os níveis dos reservatórios diminuía.

Os caudais fornecidos aos reservatórios estiveram dependentes do funcionamento das bombas à montante destes, eram acionadas sempre que os níveis dos reservatórios atingissem o valor mínimo de operação e voltando a ser desligadas quando atingissem os valores máximos de operação.

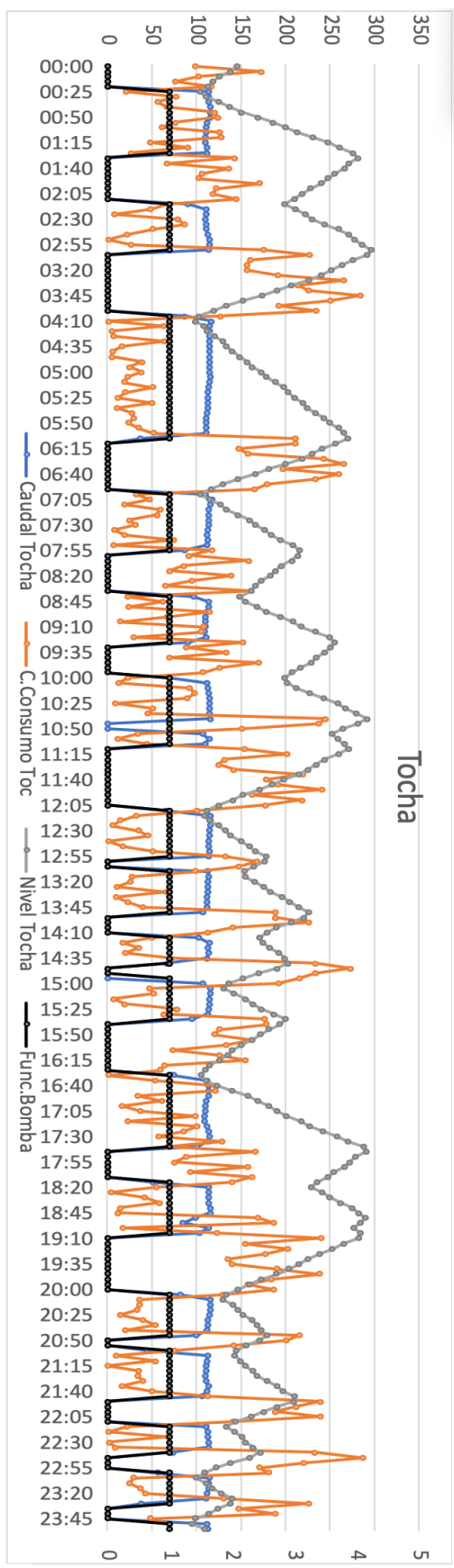
Os processos verificados nos dados da INOVA/SCUBIC e na análise dos gráficos produzidos, eram esperados e revelaram o mecanismo de funcionamento de um SAA. Na figura 29, é possível verificar o comportamento dos dados para cada troço, reservatório e consumos nos setores alimentados.



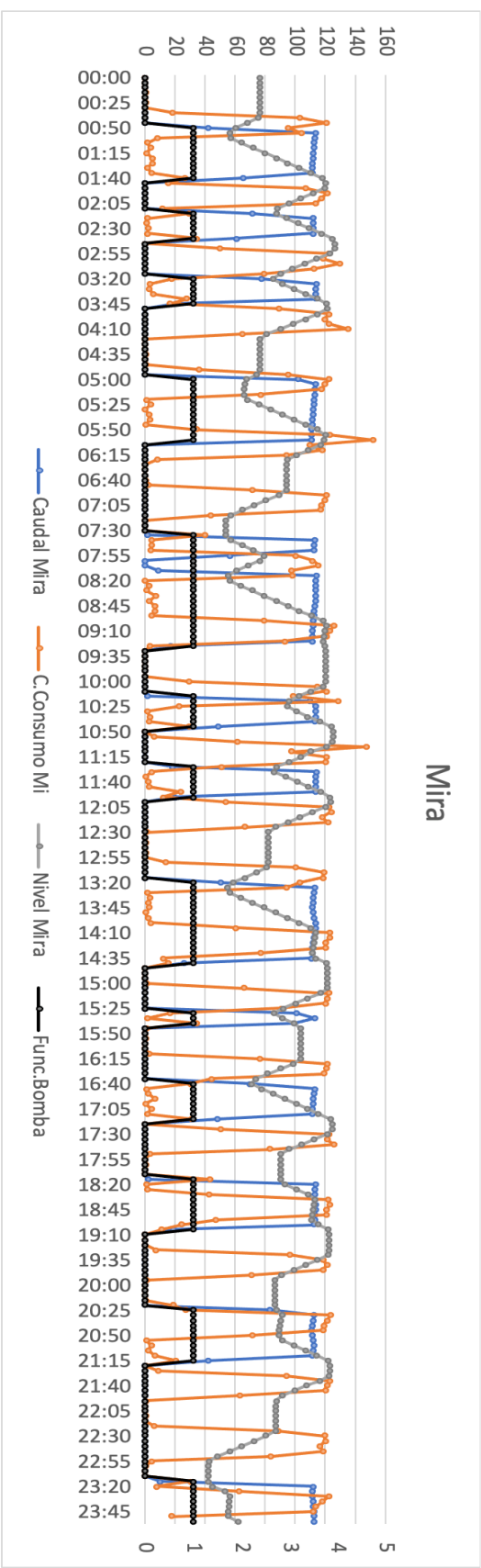
a) Análise do comportamento dos níveis dos reservatórios, consumos, caudais e funcionamento da bomba, adutora para Lemede (INOVA).



b) Análise do comportamento dos níveis dos reservatórios, consumos, caudais e funcionamento da bomba, adutora para Fontinha (INOVA).



c) Análise co comportamento dos niveis dos reservatórios, consumos, caudais e funcionamento da bomba, adutora para Tocha (INOVA).



d) Análise co comportamento dos niveis dos reservatórios, consumos, caudais e funcionamento da bomba, adutora para Mira (INOVA).

Figura 29. Dados recebidos da INOVA/SCUBICS, comportamento das adutoras do sistema em alta.

4.7.2. Volume fornecido a jusante do Reservatório de Fontinha

Sendo o segundo maior consumidor, é importante analisar o setor da Fontinha pela sua representatividade. Fez-se análise ao volume fornecido à jusante do reservatório da Fontinha para uma semana. O reservatório da Fontinha abastece os RNVs de Vilamar e Covões que formam dois subsistemas do setor. Dá análise gráfica aos volumes foi possível visualizar um comportamento típico que acontece todos anos nesse setor bem como em toda o sistema, foram usados os dados dos meses de janeiro e agosto no ano de 2016, representando a época baixa e alta respetivamente.

Como pode-se observar na figura 30, no mês de janeiro na ZMC de Vilamar verificaram-se maiores consumos na sexta-feira e sábado e para o mês de agosto o maior consumo foi verificado na terça-feira. A média do consumo diário de água entre os dois subsistemas é de 664,69 m³/dia em janeiro e 762,56 m³/dia para o mês de agosto respetivamente, este incremento correspondeu à 12,83%. Não deixando margem para dúvida de que os meses de verão são os que maior consumo apresentam nos Subsistemas.

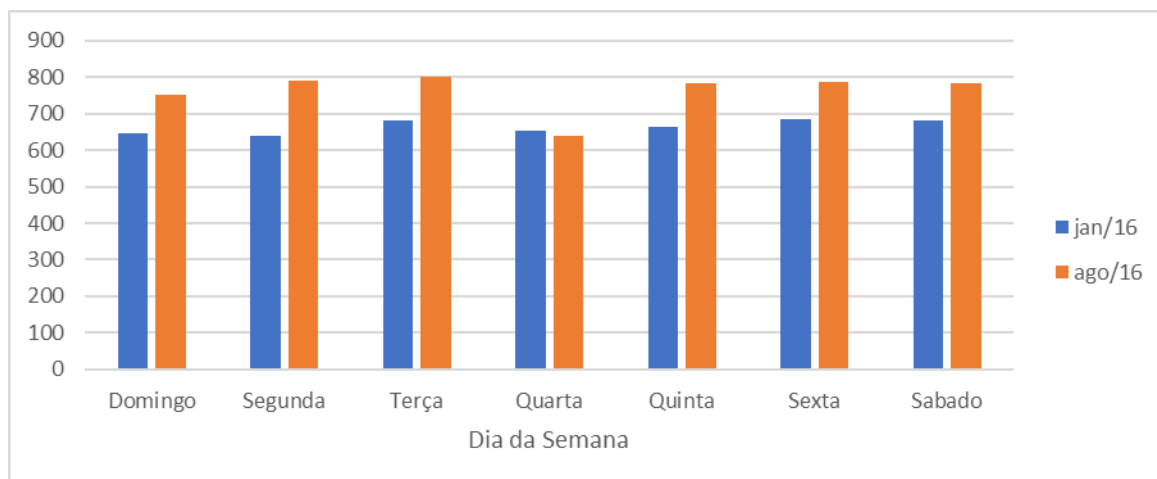


Figura 30. Caudal médio diário (m³/dia) em função do dia da semana no ano de 2016, Subsistema de Vilamar.

Analisando a figura 31, foi possível notar que a média de volume diário de água fornecidos ao subsistema de Covões foi de 1314,25 m³/dia na época baixa e 1716,85 m³/dia na época alta, o que correspondeu a 23,45% de aumento do consumo de janeiro à agosto, neste caso foi verificado o sábado como o dia de maior consumo de água.

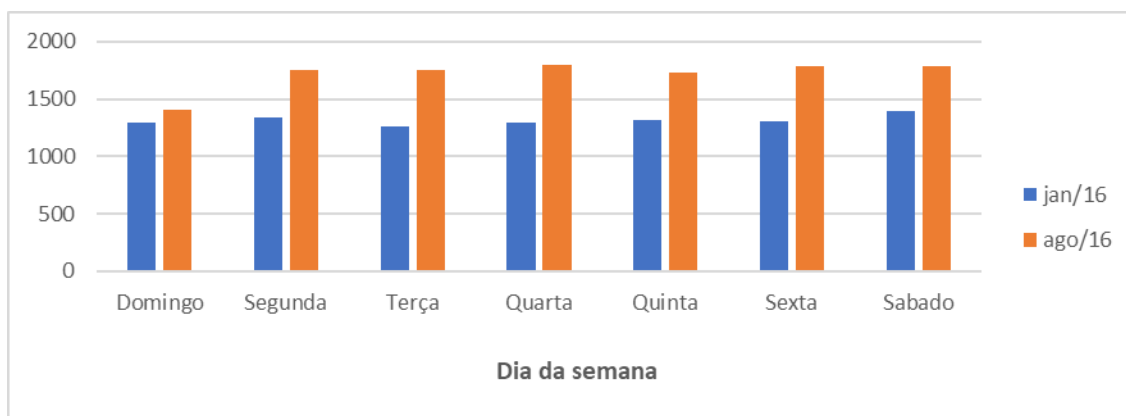


Figura 31. Caudal médio diário (m³/dia) em função do dia da semana no ano de 2016, Subsistema de Covões.
Fonte: INOVA

Deste modo foi possível aferir que os consumos entre as épocas baixa e alta sofreram em média um aumento de 18,14% para os dois Subsistemas do setor da Fontinha. Pode-se afirmar com base nesta análise e com certeza de que os sábados na época alta foram os dias que registaram maiores consumos. Tendência prevalecente em todo SAA.

Nisto, foi possível verificar que em média o reservatório de Vilamar recebeu nesse período 29 m³/h e o reservatório de Covões recebeu 62 m³/h ao longo dos 7 dias de operação do sistema

4.7.3. Volume fornecido a jusante do Reservatórios de Lemed, Tocha e Mira

Vistas as características que o sistema assume para as épocas baixas e altas de consumo segundo constatado para o setor da Fontinha, foi possível também verificar os volumes a jusante dos reservatórios de Lemed, Tocha e Mira para o mesmo período de 2016. (Veja figura 32).

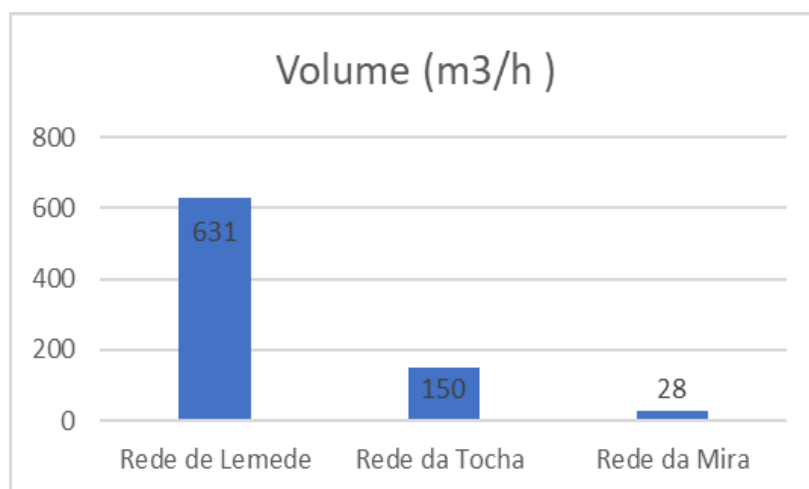


Figura 32. Caudal medio horário (m³/h)

4.7.4. Volumes fornecidos aos pontos de entrega e saída de caudal da SAA

Sendo que o SAA de Cantanhede funciona em alta e em baixa foi verificada a entrega de caudal nos pontos escolhidos para a modelação. Os pontos de entrega assumiram duas formas diferentes: à entrada dos reservatórios e à saída dos reservatórios diretamente para a rede de distribuição (Pascoal, 2018).

Nos dias 5, 6 e 7 de outubro de 2020, referentes a quinta-feira, sexta-feira e sábado, se caracterizou em volumes de água recebidos a montante dos Reservatórios num total de 5783 m³/h que também fazem parte dos volumes aduzidos. Foi possível verificar o volume de água consumido com base nos cálculos efetuados para os três dias da semana representados na tabela 14, os dados desta tabela, também foram usados para construir padrões de consumo usados na modelação do EPANET 2.0.

A tabela 14, apresenta também, os volumes recebidos pelos quatro reservatórios a jusante de ETA de Olhos de Fervença que representam 1928 m³/h e consumidos que representam 2016 m³/h a jusante dos reservatórios, confirmando-se que o sábado foi o dia de maior volume na SAA, os dados mostram também que o setor de Lemedede recebeu e consumiu a maior parte dos volumes da SAA.

Verificados os valores da tabela 14, nota-se que no balanço hídrico existem adicionalmente 88 m³/h, este valor significa que a adução no modelo é maior que a adução medida no terreno.

Tabela 14. Volumes recebidos, Fonte:INOVA

Tempo	Reservatórios/Volumes (m ³ /dia)				Ponto de entrega/Volumes consumidos (m ³ /dia)			
	Fontinha	Lemedede	Tocha	Mira	Fontinha	Lemedede	Tocha	Mira
Quinta-feira	8368	27005	6637	4102	7977	26681	6333	4128
Sexta-feira	7677	28379	6003	4911	8145	28269	6287	4779
Sábado	7988	27532	6309	3877	8204	33927	6382	4017
Total parcial	24033	82916	18949	12890	24326	88877	19002	12942
Total Global	138788 m ³ /dia				145147 m ³ /dia			
	1928 m ³ /h				2016 m ³ /h			

4.6.5. Entrega de Caudal à entrada de reservatórios

O modelo representativo da SAA de Cantanhede pressupõe a entrega de caudal em baixa e em alta na entrada dos reservatórios. As válvulas associadas as entradas dos reservatórios modelaram as características dos padrões temporais locais.

Verificou-se que quando os reservatórios atingem o seu volume máximo de armazenamento as bombas interromperam o fornecimento da carga hidráulica com vista a

conter o caudal, mas, conseqüentemente o arranque das bombas ficou dependente do consumo a jusante dos reservatórios. Este controle é exercido por válvulas altimétricas que regulam o caudal da água que entra em função da altura atingida no interior do reservatório.

O reservatório apoiado de Lemedede pelo volume de caudal que deve fornecer ao seu setor apresenta-se como o que mais encaixa os volumes de água recebidos do ETA de Olhos de Fervença, segundo os dados observados. a região de Lemedede é um setor e subdivide-se na sua jusante por três subsectores.

4.6.6. Entrega de Caudal à saída dos reservatórios

Vistos os consumos urbanos e com recurso aos dados fornecidos pela INOVA, dentro da área de gestão do SAA de Cantanhede, foi possível analisar os volumes de caudal fornecidos em alguns sectores da rede ao longo de 24 horas através dos padrões temporais produzidos na figura 34:

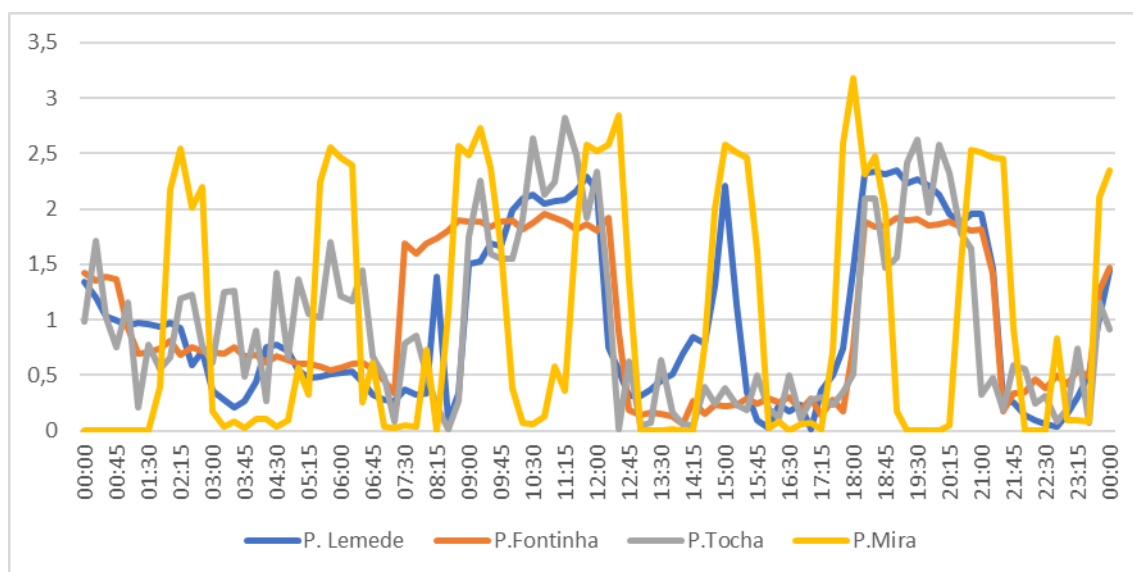


Figura 33. Padrões temporais do consumo (m^3/h) à saída dos reservatórios no modelo dinâmico de 24 horas de operação

Percebeu-se a diferença dos consumos entre os períodos noturnos e diurnos, estas diferenças terão sido devidas a existência de grandes consumidores a jusante do reservatório ou a existência de outros pontos de consumo que estivessem a ser abastecidos. Os dados produzidos são referentes a época alta de consumo. Pela análise gráfica percebeu-se que entre as 7:00 e as 12:45 horas houve uma tendência generalizada de

consumos em todo o sistema atingindo os seus valores máximos, esta tendência repetir-se entre as 17:15 e 21:45 horas.

Pode-se afirmar que os períodos diurnos se confirmam como os de maior consumo devido as atividades económicas e sociais nos setores abastecidos da rede.

4.7. Exploração e análise do modelo estacionário

Para a exploração do sistema foi necessário fazer uma descrição da estrutura e características como as cotas da extensão modelada bem como diâmetros das suas condutas, à descrição esta patente na metodologia do capítulo III.

No sentido de verificar os dados do terreno recorreu-se a ferramenta de visualização gráfica *googlearth* e de dados patentes nos modelos fornecidos. A extensão das condutas em função do seu diâmetro esta patente na tabela 15, estas variaram desde o médio porte até ao grande porte. Por sua vez este tipo de dados permitiu fazer a análise da estrutura base do modelo que comportou uma fonte, uma estação elevatória com cinco bombas, quatro Reservatórios e respetivos pontos de entrega setorizados.

Tabela 15. Diâmetros das condutas e sua extensão.

Diâmetro das condutas (mm)	Extensão(m)
100 -250	9340.8
250 - 500	17672

4.7.1. Indicadores

A perceção do funcionamento de um modelo matemático obedece a certas leis e padrões de funcionamento. No caso os indicadores analisados no contexto da modelação foram o caudal, a pressão, a perda de carga e a velocidade.

A análise do indicador de caudal em pontos importantes do SAA de Cantanhede, permitiu perceber o seu comportamento na adução e no consumo ao longo das 24 horas de modelação.

Verificado o indicador da pressão para o início do modelo, não foi possível comparar as pressões do terreno e as modeladas, tendo-se recorrido aos dados gerados pelo EPANET 2.0 para a sua análise em comparação com a legislação Portuguesa emanadas no decreto regulamentar 23/95 de 6 de agosto que definiu as pressões mínimas e máximas dos Serviços de Abastecimento de sistemas públicos e privados.

No que se refere ao indicador de perda de carga, esta verifica a variação das pressões estáticas e dinâmicas ao longo do sistema

4.7.2. Resultados do modelo Estático e análise dos indicadores

Tendo sido feita a correção de erros e avisos no modelo, foi possível modelar o sistema hídrico em 24h de operação para a situação de um cenário estacionário da figura 35.

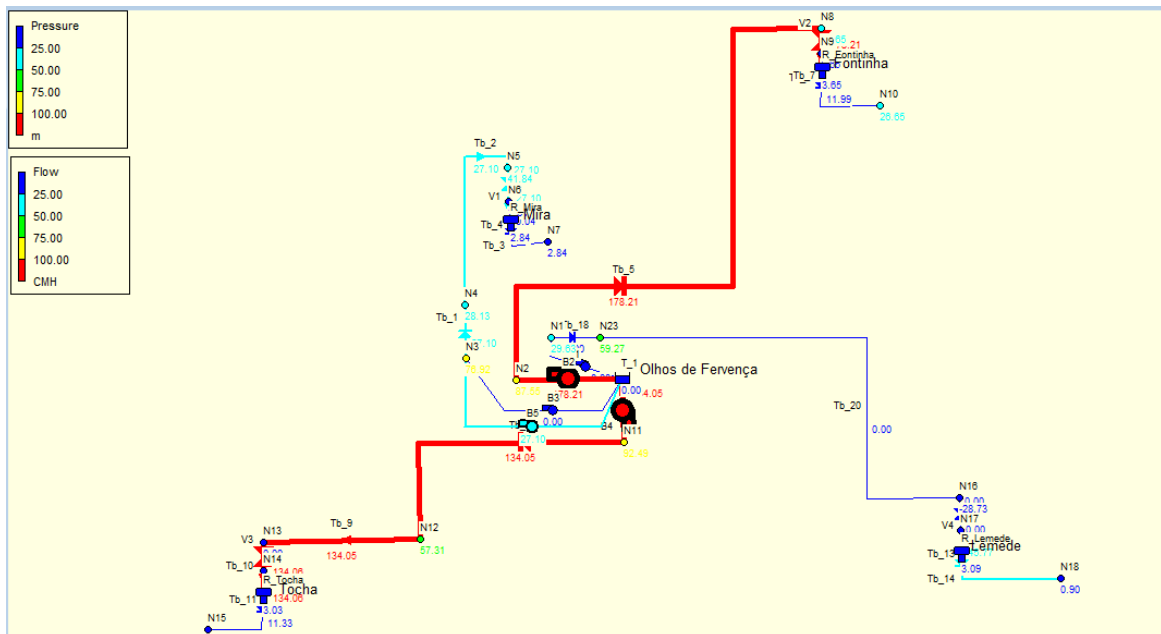


Figura 34. Representação do modelo reduzido (Cenário estático)

Na primeira fase do processo a análise dos indicadores referente ao modelo estático, fornece os primeiros dados do sistema que foram importantes para a verificação das mudanças ocorridas que ocorrerão no modelo final.

O valor do consumo base usado nos pontos de consumo para a análise foi o valor unitário igual a 1, isto foi feito no sentido de analisar os indicadores de eficiência nesse cenário para o SAA de Cantanhede.

Note-se que os valores dos caudais de consumo verificados nas tabelas 16 e 17, foram gerados no modelo EPANET 2.0 com recurso aos dados do modelo inicial fornecido pela INOVA. No que se refere aos caudais da R_ Mira, R_Fontinha, R_Tochoa e R_Lemedede, foi necessário atualizar aos dados dos níveis iniciais dos tanques e as curvas das bombas (carga hidráulica e caudal).

Tabela 16. Resultados dos nós (Cenário estático, consumo base = 1)

Nó [ID]	Consumo [m³/h]	Carga hidráulica [m]	Pressão [mca]	Nó [ID]	Consumo [m³/h]	Carga hidráulica [m]	Pressão [mca]
N1	0,00	116,90	88,90	N13	0,00	89,03	-2,97
N2	0,00	97,65	69,65	N14	0,00	89,03	-2,97
N3	0,00	63,84	35,84	N15	8,84	89,03	23,03
N4	0,00	63,84	63,84	N16	0,00	116,90	0,90
N5	0,00	63,84	2,84	N17	0,00	116,90	0,90
N6	0,00	63,84	2,84	N18	36,09	116,90	0,90
N7	0,00	63,84	63,84				
N8	0,00	97,65	23,65	T_1	-1033,14	28,00	0,00
N9	0,00	97,65	2,65	R_Mira	28,18	63,84	2,84
N10	8,76	97,65	23,65	R_Fontinha	168,46	97,65	3,65
N11	0,00	58,51	30,52	R_Tocha	149,68	89,03	3,03
N12	0,00	89,03	34,03	R_Lemedede	630,62	116,90	3,09

Tabela 17. Resultados de alguns trechos (Cenário estático, consumo base 1)

Trecho	Caudal [m³/h]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga[m/km]	Trecho	Caudal [m³/h]	Velocidade [m/s]	Perda de Carga[m/km]
N3-N4	28,21	0,44	234,29	R_Lemedede-N18	37,21	0,11	0,04
N4-N5	28,21	0,16	0,12	N1-N23	667,83	0,94	1,48
R_Mira-N7	0,03	0	0	N23-N16	667,83	0,94	1,48
N6-R_Mira	28,21	0,16	0	B1	667,83	0	-100,9
N2-N8	178,21	0,7	1,56	B2	178,21	0	-87,55
N9-R_Fontinha	178,21	0,7	0	B3	14,11	0	-80,35
R_Fontinha-N10	9,74	0,09	0,06	B4	158,89	0	-99,44
N11-N12	158,89	0,09	3,15	B5	14,11	0	-80,35
N12-N13	158,89	1,4	9,27	V1	28,21	0,16	0
N13-N14	158,89	1,4	0	V2	178,21	0,7	0
N14-R_Tocha	9,21	0,08	0,05	V3	158,89	1,4	0
N16-N17	667,83	0,94	0	V4	667,83	0,94	0

4.7.3. Caudal

O caudal ao longo do modelo analisado a partir da ETA de Olhos de Ferverça para os pontos de entrega ultrapassou os 600 m³/h, mas a jusante dos reservatórios os caudais tiveram tendência a reduzir substancialmente conforme visto na figura 35, em; “Tb_3”, “Tb_7”, “Tb_11” e “Tb_14”. Esta análise ao modelo base revelou que os caudais são uniformes em cada adutora e produziram fluxos quase que constantes com a ajuda das bombas.

Da figura 36, foi verificado que os caudais das tubagens a montante que fazem fronteira com as válvulas apresentaram os mesmos valores como foram os casos: “Tb_20” e “V4”, “Tb_9” e “V3”, “Tb_5” e “V2 e por último “Tb_2” e “V1”, também foram verificados que os valores dos caudais aduzidos (bombas) eram idênticos aos das tubagens.

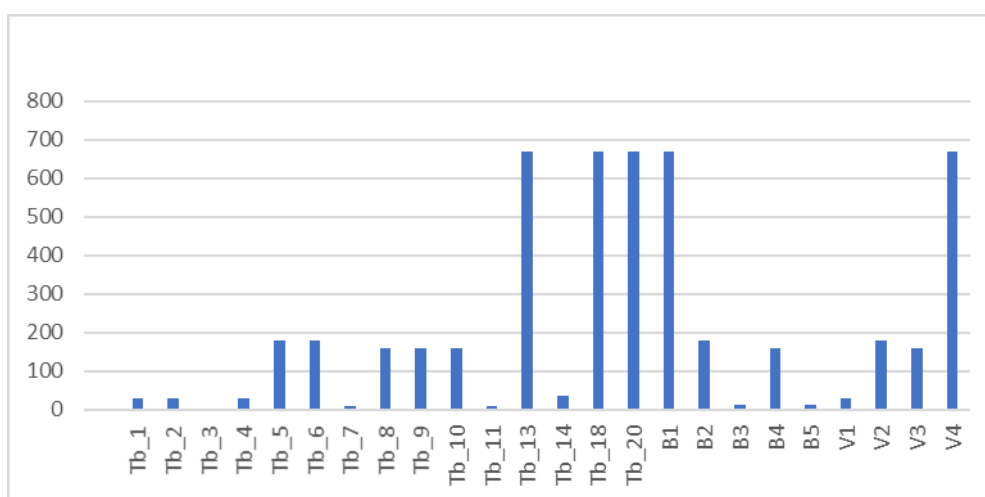


Figura 35. Valores dos caudais em cenário estático (m³/h)

Os caudais modelados para os reservatórios de Lemedede, Fontinha e Tocha foram diferentes dos observados dos dados recebidos da INOVA/SCUBICS. A análise tornou-se necessária no sentido de perceber o funcionamento das componentes do SAA sem que houvesse interferência externa ao sistema.

É consistente a tese de que os caudais devem se manter razoáveis quando aduzidos aos reservatórios intermédios para a satisfação dos caudais nos setores de consumo.

4.7.4. Pressão

O esquema da figura 37, permite visualizar a distribuição espacial das pressões ao longo do sistema modelado tendo-se constatado altas pressões que não iam de encontro ao regulamentado na Legislação Portuguesa no decreto regulamentar 23/95 de 6 de agosto.

Na entrada dos reservatórios, as pressões são estabilizadas pelas válvulas de alívio e segurança (VA). Verificaram-se altas pressões nos nós a saída dos grupos de bombagem,

também foram notadas altas pressões em pontos de menor altitude, mas tecnicamente, nestes pontos a jusante das bombas as tubagens são feitas de materiais muito resistentes no sentido de evitarem-se rupturas. As tubagens são compostas por matérias como o Polieteno de Alta Densidade (PEAD) e o Ferro Fundido Cinzento (FFD), altamente resistentes, foi possível também verificar altas pressões a jusante dos reservatórios.

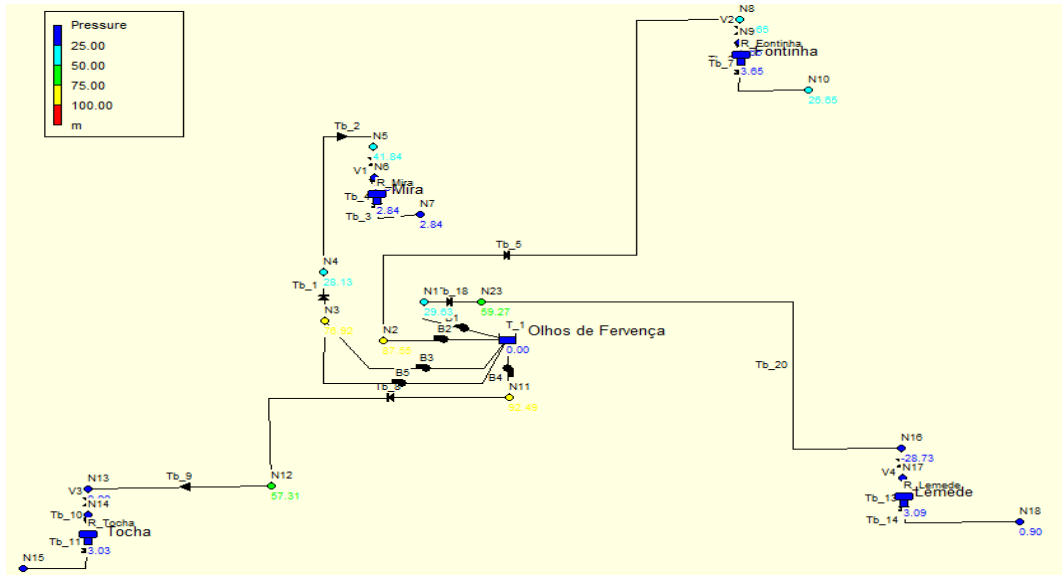


Figura 36. Representação da variável de pressão (mca) dos nós no instante de menor consumo (cenário estático)

A figura 38, representa as pressões tomadas pela figura 36.

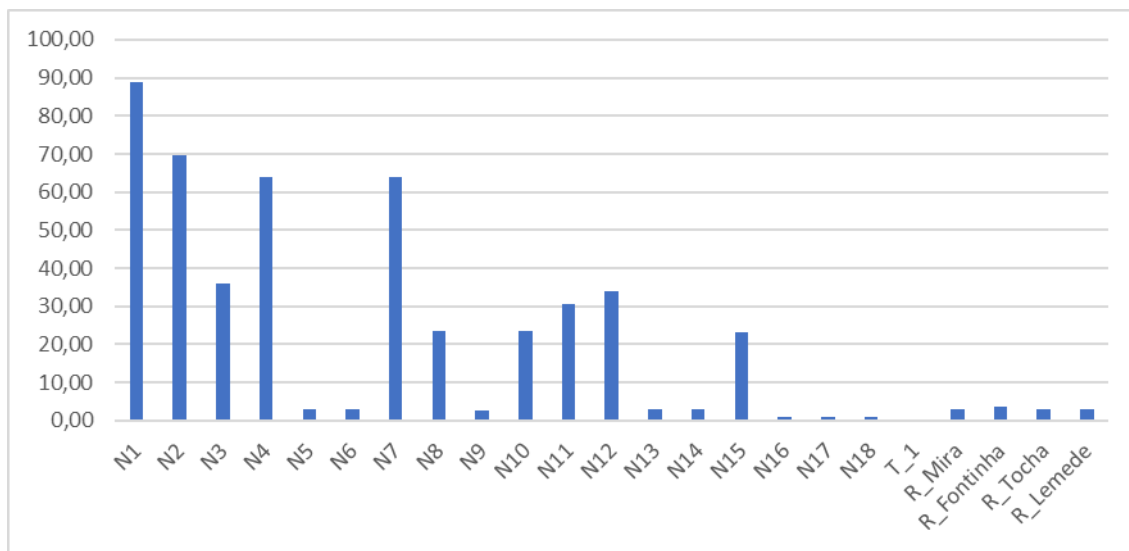


Figura 37. Valores das pressões da figura 39 em cenário estático (mca).

Num cenário onde as válvulas redutoras de pressão (PRV), estivessem abertas nas entradas dos reservatórios, o sistema entraria em perigo de danificar-se pois, este cenário iria contribuir para um aumento das pressões colocando em perigo a rede, neste caso as válvulas desempenham um papel fundamental na estabilização do SAA. Vista a figura 37, representativa das pressões, os locais que recebem pressões excessivas tendiam a danificar os equipamentos como provocar rutura em certos troços das condutas, mas este cenário só poderia acontecer em adutoras gravíticas. Sendo que as flutuações no sistema seriam inevitáveis, neste caso a existência de Válvulas aumenta a fiabilidade do sistema reduzindo perdas graves e aumentando o valor sócio económico e Ambiental da infraestrutura no terreno (Pascoal, 2018).

No caso do indicador das pressões os resultados obtidos se mostraram satisfatórios segundo o recomendado pela Legislação Portuguesa para os sistemas elevatórios isso verificou-se nos nós N1, N2, N4 e N7. O arranque das bombas provoca sempre uma pressão sobre a tubagem, mas não provoca danos a curto prazo devido a qualidade dos materiais empregues para a construção dos tubos de adução.

4.7.5. Perda de carga

A verificação e análise das perdas de carga incluíram a variação das pressões estáticas e dinâmicas em todo o sistema. Partindo dos reservatórios da Olhos de Fervença foram traçados perfis de perda de carga para o trecho “T_1” até R_Fontinha” do sistema em análise. Notou-se a existência de pontos intermédios e que seriam os nós e válvulas de alívio e segurança, as VA. As perdas de carga aconteceram em linha, nas válvulas e são classificadas como sendo perdas localizadas.

Na linha “T_1” até á Jusante de Fontinha na figura 39, foi observada a seguinte perda de carga:

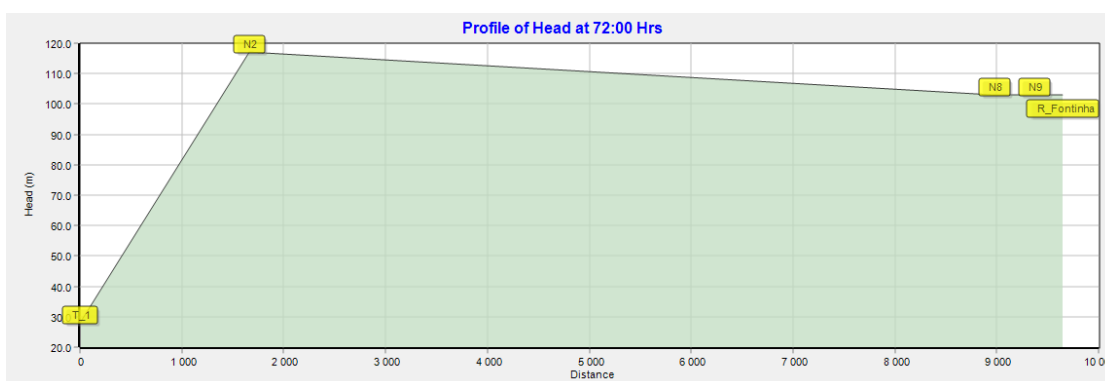


Figura 38. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega do reservatório do Fontinha

Entre os nós “N8” e “N9” existe uma válvula PSV que devia simular uma perda de carga localizada. Pode-se visualizar um ganho de carga entre o Reservatório da Olhos de

Fervença e o nó logo a jusante da bomba “B. Fontinha”, isto aconteceu porque existiu a injeção de carga hidráulica pela bomba, semelhante cenário aconteceu para as adutoras de Lemedé, Tocha e Mira.

O perfil de carga da figura 40, foi representativo das perdas de carga desde o reservatório “T_1” até ao ponto de entrega designado por “R_Tocha”, a perda de carga entre os nós “N12” e “N13” é acentuada devido ao diâmetro da tubagem ser relativamente menor que o diâmetro da tubagem a montante entre os nós “N12” e “N11” outro fator que influenciou a perda de carga foi a rugosidade do material e das paredes da conduta que de certa forma diminui a energia de escoamento da água.

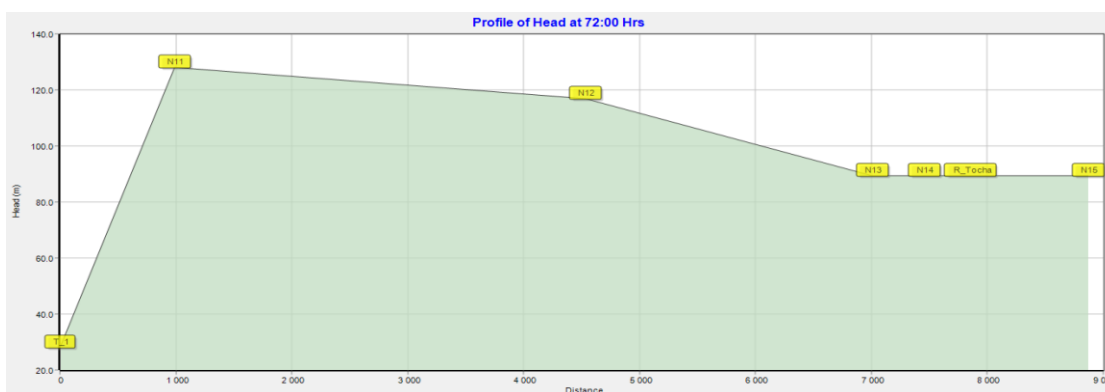


Figura 39. perfil da carga ao longos das condutas para o ponto de entrega do Reservatório da Tocha

Ao longo do trajeto de “T_1” até ao nó “N18” (ponto do consumo) da figura 41, não se verificaram grandes perdas de carga apesar da existência de uma válvula “VA”. Foi possível constatar uma perda de carga leve devido a rugosidade das paredes, a não existência de um caudal muito elevado que acione a válvula VA para uma perda de carga controlada fez com não existissem perdas localizadas à entrada da água no reservatório “R_Lemedé”.

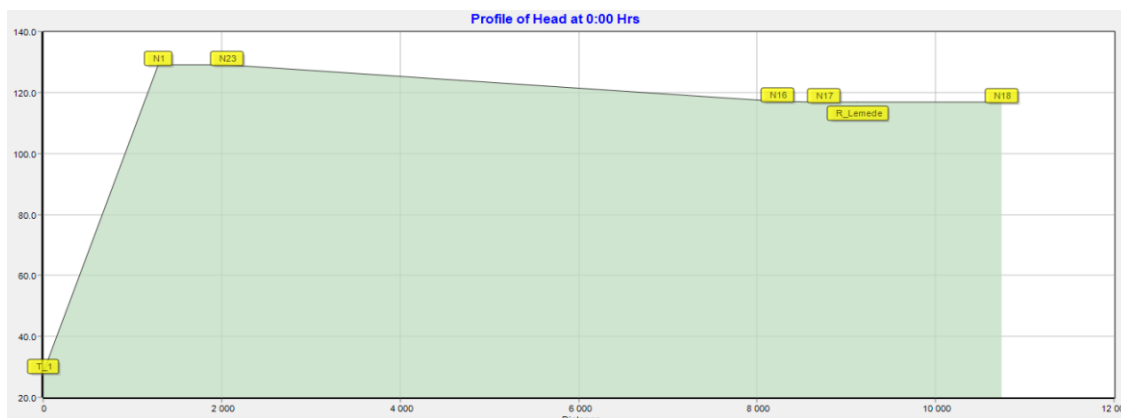


Figura 40. Perfil de perda de carga ao longo das condutas para o ponto de entrega do Reservatório de Lemedé.

A figura 41, mostrou que no percurso de “T_1” até ao ponto de consumo no nó “N7” existiu uma perda de carga entre os nós “N3” e “N4” numa extensão de 188,64 m de comprimento devido a incrustações na tubagem havendo a necessidade de manutenção.

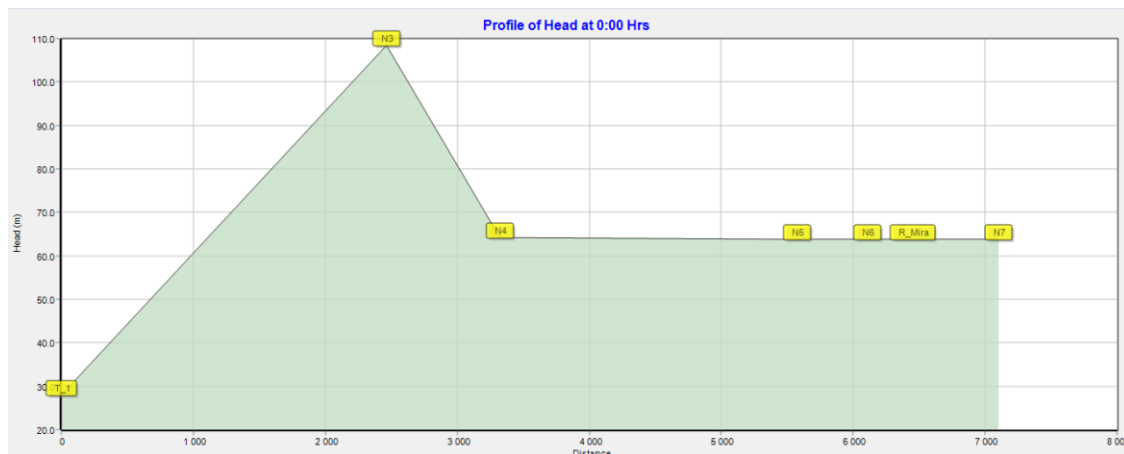


Figura 41. Perfil de carga ao longo das condutas para o ponto de entrega do Reservatório da Mira.

As perdas de carga acontecem ao longo das tubagens e não se verificam nas válvulas VA porque o sistema não está calibrado

De uma forma geral, o indicador da perda de carga afigura-se muito importante no contexto da análise de uma SAA. Ao longo das tubagens adutoras e condutoras houve o registo de perdas de cargas devido as variações das pressões estáticas e dinâmicas. Estas foram vistas a partir da ETA de Olhos de Fervença onde se registou um abrupto ganho de carga devido as pressões elevadas a saída das bombas, nas válvulas não se registaram perdas de carga significativas, mas ao longo das adutoras foi possível serem notadas perdas de carga consideráveis que pouparam trabalho as válvulas PSV.

4.7.6. Velocidade

Valores excessivos de velocidade numa rede podem originar fenómenos como o choque hidráulico que provocará roturas nas condutas de água, ou até mesmo corrosão das tubagens por erosão e ruído nas canalizações o que quer dizer que as condutas quando sujeitas a altas velocidades ficam suscetíveis à sofrer abrasão de sedimentos nas paredes (Pascoal, 2018). O Decreto Regulamentar n.º. 23/95 de 23 de agosto, artigo 21º, atenta para a velocidade de escoamento: a velocidade do caudal de ponta no horizonte de um projeto não deve exceder o valor calculado por;

$$V = 0.127 * D^{0.4} \quad (17)$$

onde V é a velocidade expressa em m/s e D o diâmetro em mm. A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deverá ser inferior a 0.30 m/s (Jorge & Chaveiro, 2018).

No entanto, a Norma Portuguesa recomenda uma média de velocidade de 1,5 m/s para condutas com diâmetro superior a 400 mm. No seguimento da análise da velocidade na rede é possível ver na figura 43, o valor das velocidades ao longo das tubagens do sistema.

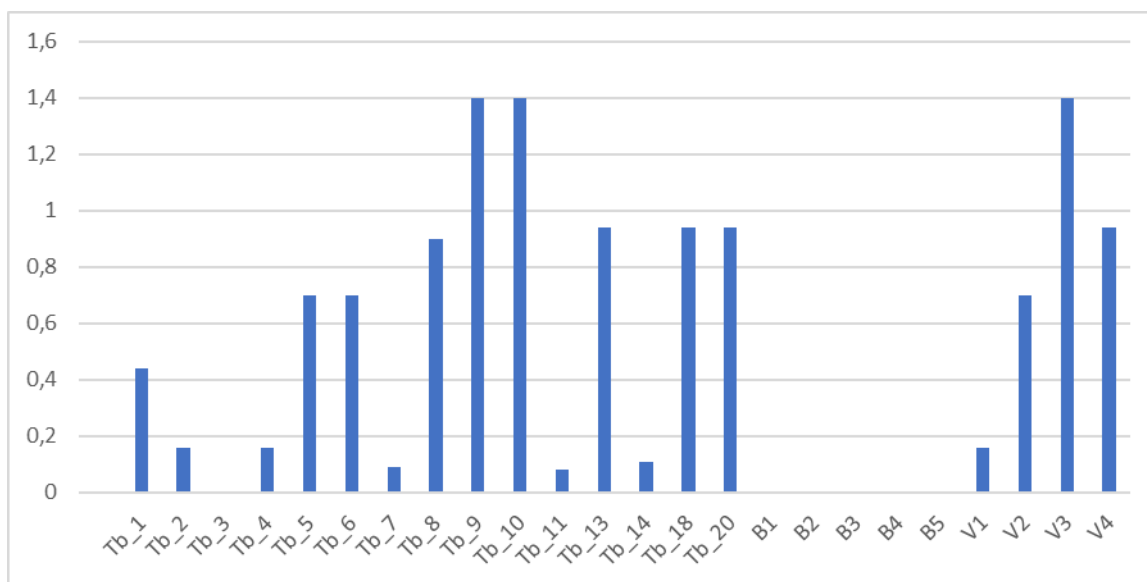


Figura 42. Valores das velocidades ao longo das tubagens (m/s)

Também é possível verificar que estas não ultrapassaram o recomendado pela Norma, a conduta entre a ETA de Olhos de Ferveça e Fontinha (Tb_5) com o diâmetro de 300 mm, apresentou uma velocidade de 0,7 m/s a montante do reservatório e a jusante teve uma velocidade de 0,09 m/s.

Na adutora de maior diâmetro do sistema ETA da Olhos de Ferveça-Lemedé (Tb_20), verificou-se a velocidade de 0,94 m/s. As maiores velocidades que chegaram a 1,40 m/s, foram registadas nos tubos “Tb_9”, “Tb_10” e na válvula “V3”, os tubos e a válvula têm o mesmo diâmetro de 250 mm.

O indicador da velocidade é regulado pelo decreto referido no primeiro paragrafo, mas existem outras normas Portuguesas que recomendam uma velocidade media de 1,5 m/s para condutas com diâmetro superior a 400 mm. No modelo estático não houve velocidades acima do estabelecido, as adutoras e os tubos do sistema não excederam o estipulado pelas leis e normas no que toca as velocidades do escoamento da água, as velocidades estiveram entre 0,08 e 1,40 m/s, assim pode-se afirmar que o indicador da

velocidade foi o único no modelo estático que esteve dentro dos parâmetros regulamentares aceitáveis.

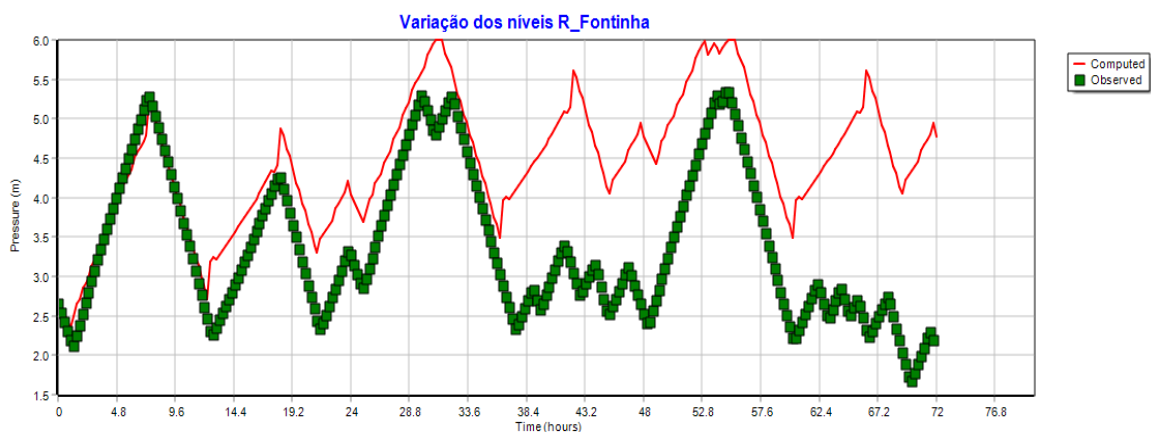
4.8. Caracterização dos Cenário Dinâmicos

No processo de calibração fez parte do objetivo específico a calibração do modelo em 24 horas de operação, mas antes foi feita a caracterização dos dados para o cenário dinâmico de 72, 48 e 24 horas de operação referente a análise dos três dias dos dados recebidos da INOVA/SCUBICS.

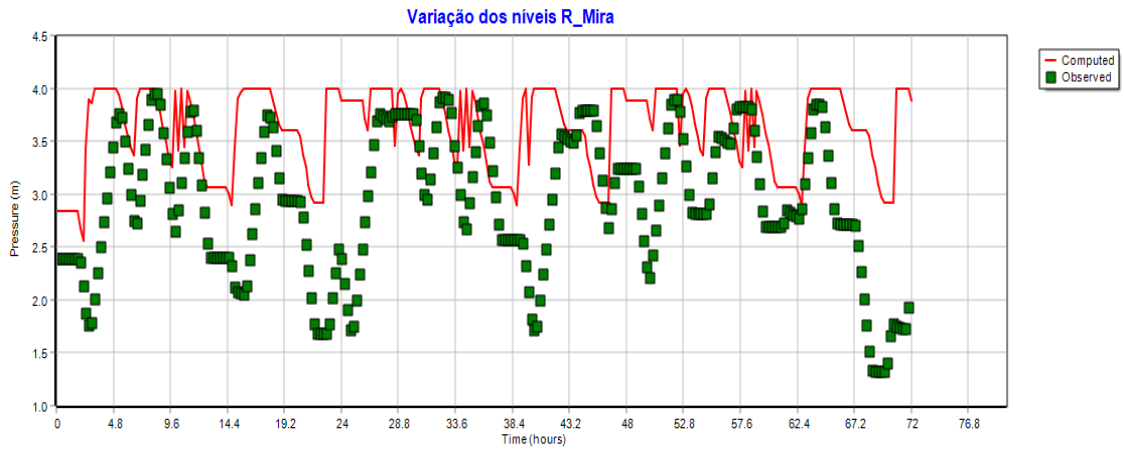
4.8.1. Caracterização das 72 horas de operação.

Neste cenário foi possível visualizar o funcionamento de parte da rede para as 72 horas de operação, a análise ao processo possibilitou a visualização dos níveis que tem influência nos consumos calculados e caudais aduzidos permitindo reter dados para calibração do modelo. Verificou-se que o sistema ao longo das 72 horas apresentou características de níveis modelados difíceis de calibrar, mas nisso e na generalidade o sistema não esteve alinhado com os dados observados no terreno, os dados comparados apresentaram-se dispare. Veja as figuras 44 a), b), c) e d).

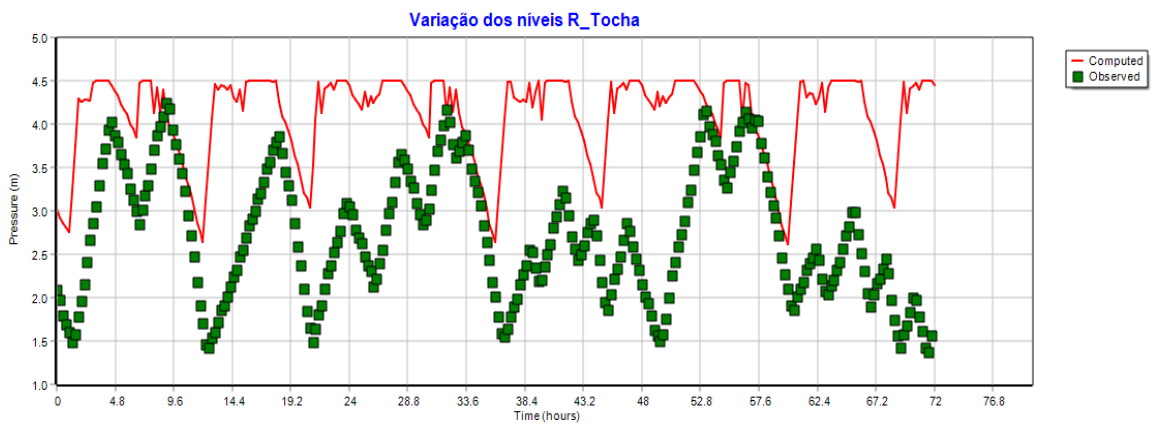
A caracterização do caudal de consumo teve como exemplo o reservatório da Fontinha que apresentou os melhores resultados observados ao longo do estudo. A correlação de 0% observada nos dados é explicada pela diferença entre os consumos verificados no modelo e os consumos medidos nas 72 horas (Veja figura 44 a)).



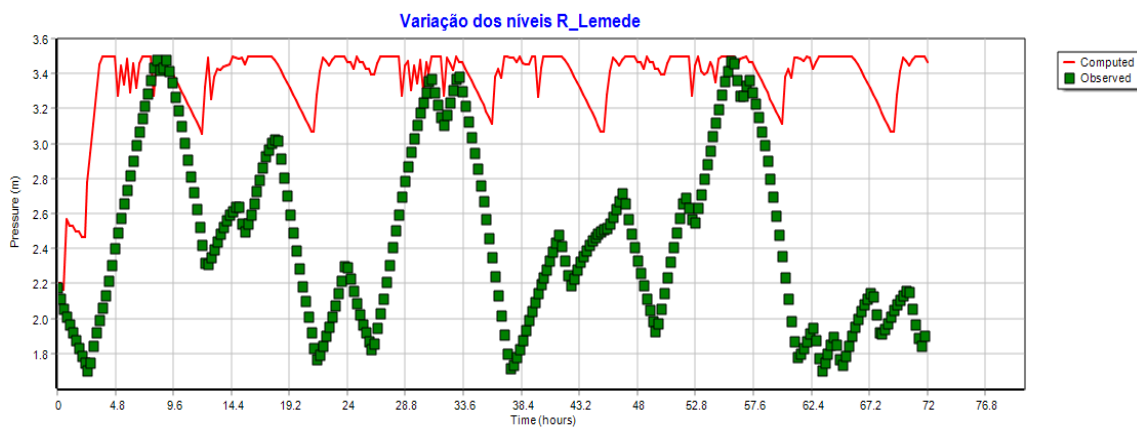
a)



b)



c)



d)

Figura 43. Dados comparados dos níveis modelados e medido (72 horas de operação).

Com a variabilidade dos caudais consumidos a jusante do reservatório da Fontinha foi possível perceber que o consumo medido/calculado, se tornou inconstante devido ao fator

de consumo horário. Também foi possível verificar ao longo dos três dias que o consumo medido não ultrapassou o pico dos 30 l/s.

Percebeu-se também que a partir da 48h00 houve uma maior frequência dos consumos no terceiro dia referente ao sábado. Desta análise gráfica se constou que os caudais sofrem influencia devido aos valores inconstantes dos níveis nos reservatórios e os consumos do modelo foram maiores que os consumos medidos (Figura 45).

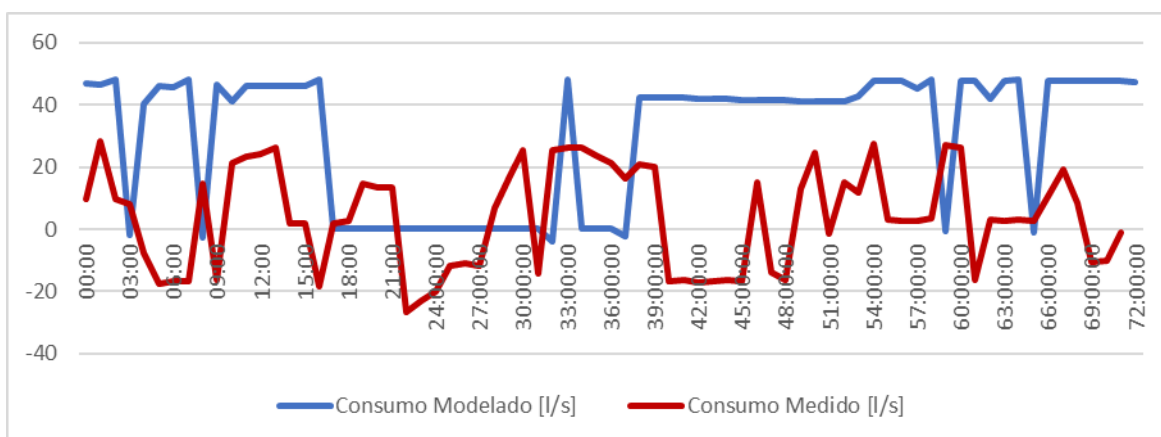


Figura 44. Serie temporal do nó “N10” (Ponto de consumo do setor da Fontinha) em Litros/segundo.

Da figura 45, que é idêntica a figura 44 a), representa os níveis verificados no reservatório da Fontinha, foi possível verificar que os níveis medidos estavam desfasados dos modelados. Os níveis modelados tiveram uma tendência de estabilização a partir da 36h00,

Porem, antes da calibração a figura 46, mostra os valores tomados pelos níveis medidos no terreno são menores que os níveis modelados.

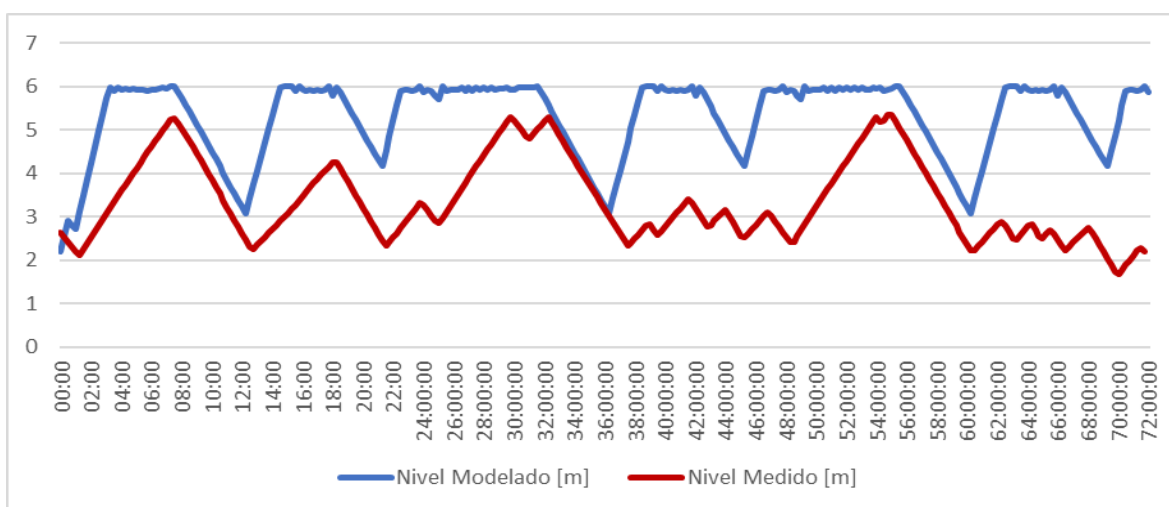


Figura 45. Serie temporal dos níveis do reservatório da Fontinha.

Vistos os caudais aduzidos (Fig. 47), se verificou que o modelo base em sua modelação apresentou uma diferença de 47,1% entre valores cedidos pela INOVA/SCUBICS e os modelados, o que correspondeu a uma média dos três dias em 177,63 m³/h modelados e o valor para a media do caudal medido era de 83.73 m³/h confirmando-se assim a disparidade dos dados.

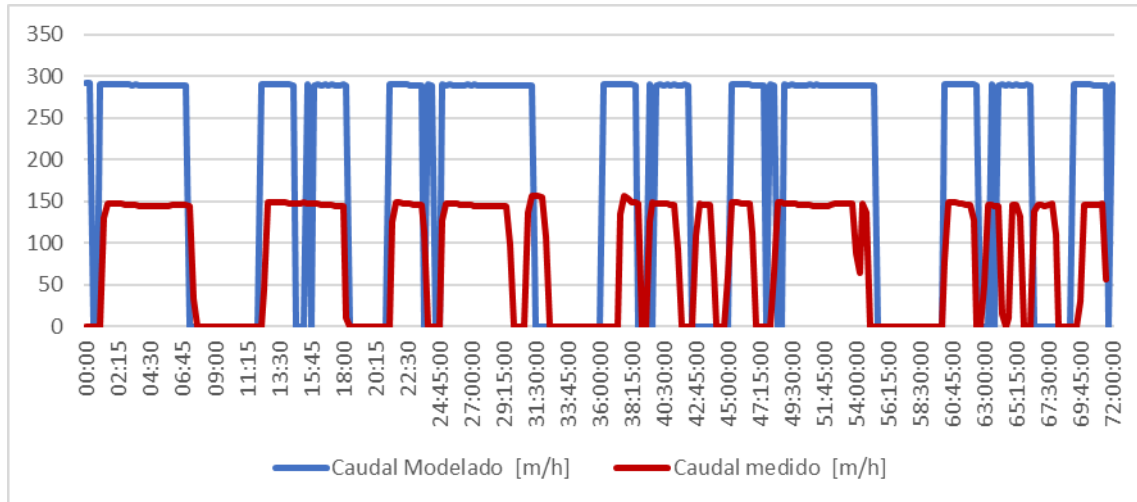
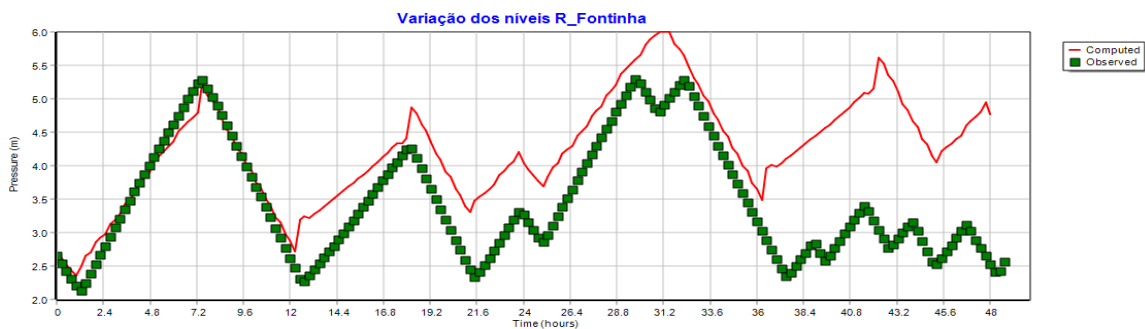


Figura 46. Serie temporal dos caudais fornecidos ao reservatório da Fontinha referentes aos caudais observados e modelados em m³/h.

Foi possível corrigir os consumos (fig. 45) e os caudais aduzidos (fig.47) com as técnicas de calibração, que consistiram em variar os parâmetros: da rugosidade, da carga hidráulica nas bombas e diâmetros dos tubos. Este processo foi realizado de forma intuitiva até o modelo atingisse valores mais próximos possíveis dos que foram fornecidos pela INOVA/SCUBIS.

4.8.2. Caracterização das 48 e 24 horas de operação

A dificuldade de modelar e calibrar o modelo ficou reduzida para o reservatório da Fontinha até a 36h00 hora, para o reservatório da Tocha até a 24h00 hora, para o reservatório de Lemede até a 12h00 hora e por fim para o reservatório da Mira até a 10h00 hora. (Veja as figuras 48).



a)

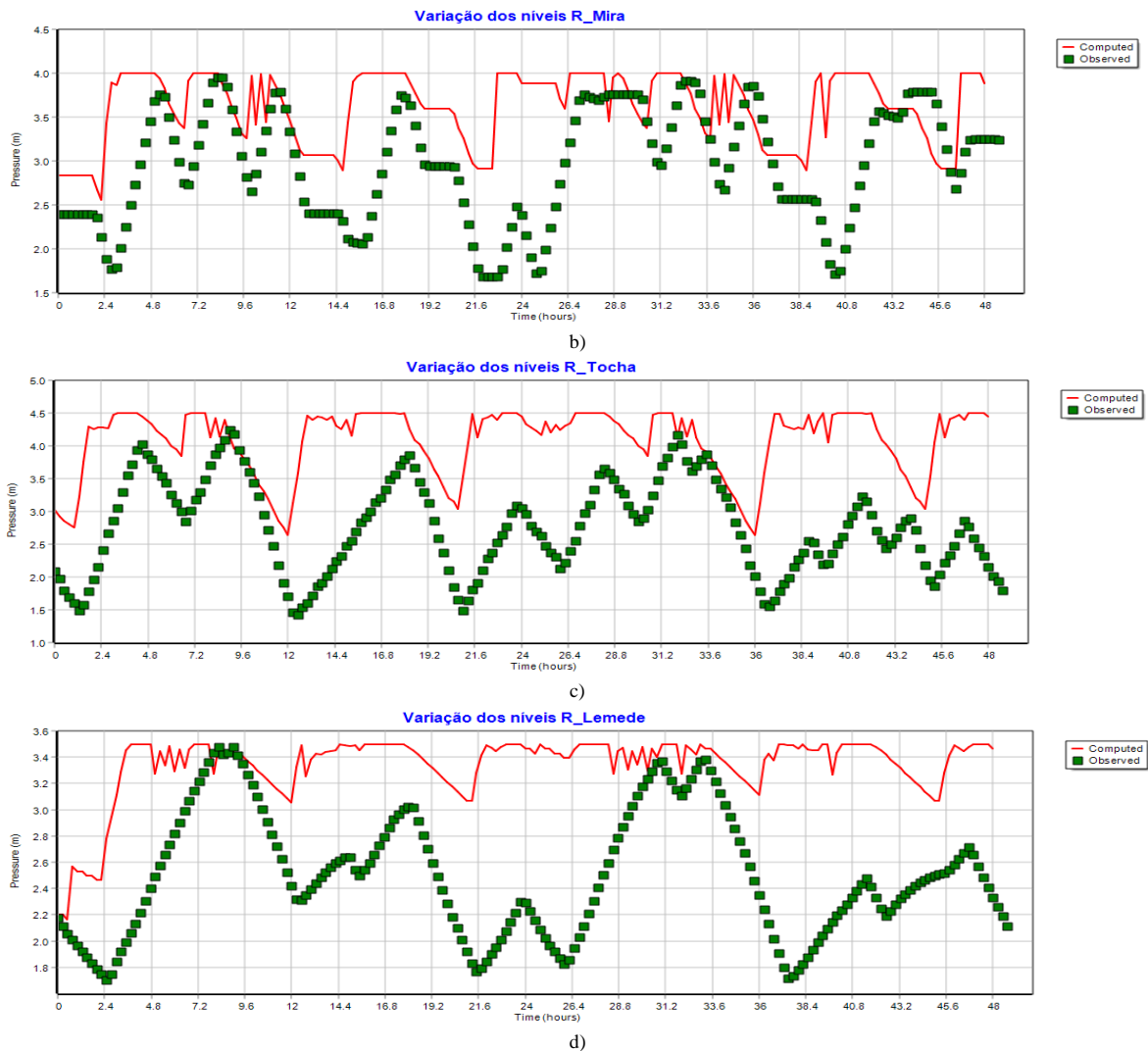


Figura 47. Dados comparados dos níveis modelados e medido (48 horas de operação).

A caracterização das 24 horas de operação pela observação das figuras 48 a), b), c) e d), deixou claro que o trabalho para a calibração do modelo complexo deve ser faseado devido a complexidade dos dados que o modelo produz.

A possibilidade de visualizar os caudais e os níveis nestes cenários, deixou reter dados para a calibração do sistema em 24 horas de operação como, visto adiante. Constatou-se que o sistema de Cantanhede está operacional, mas nisso, o sistema não esteve alinhado com os dados observados no terreno.

4.9. Calibração do modelo

Conforme Pascoal (2018), a calibração do modelo resultou da realização de um processo iterativo que envolve o técnico de um modo muito ativo na procura de um resultado e fazendo cálculos para o progresso do modelo através de sucessivas tentativas de

refinamento do problema até alcançar o objetivo pretendido ou cujos passos principais foram repetidos até condições de aceitabilidade serem verificadas.

Para Jorge & Chaveiro (2018) a calibração do modelo hidráulico leva em conta dois dados importante: a pressão nos nós e a rugosidade dos tubos das condutas. Onde a pressão é uma variável de estado e a rugosidade é um parâmetro de estado. Este último influenciará também a velocidade de escoamento do líquido na conduta. Como já referenciado a pressão não fez parte dos dados calibrados.

O caudal é uma variável que será envolvida no processo de calibração do modelo através da correção da curva das bombas.

Inseridos os dados que se pretendem para a modelação do sistema procedeu-se a simulação com o EPANET 2.0, os conhecimentos das técnicas de manipulação do simulador foram importantes. Foi necessário fazer a interpretação dos sinais que o modelo apresentava em cada contexto de modificação das rugosidades e das cargas hidráulicas, tentando aperfeiçoar o modelo para o que seria o modelo hidráulico mais próximo a realidade. Notou-se que este é um trabalho complexo exigindo o conhecimento pleno das questões ligadas aos SAA (consumos, pressões, velocidades, padrões de consumo e acima de tudo uma leitura correta dos dados do modelo).

4.9.1. Análise da calibração do modelo em 48 e 72 horas de operação

No processo de calibração do modelo para 48 e 72 horas, dificuldades foram acrescentadas, pois, o modelo tornou-se extenso.

A calibração tem início com o processo de pré-calibração, seguindo-se a macro e micro calibração onde os reservatórios que estiveram próximos dos 100% dos dados, foram: Fontinha, Lemede e Mira (Veja Fig.49).

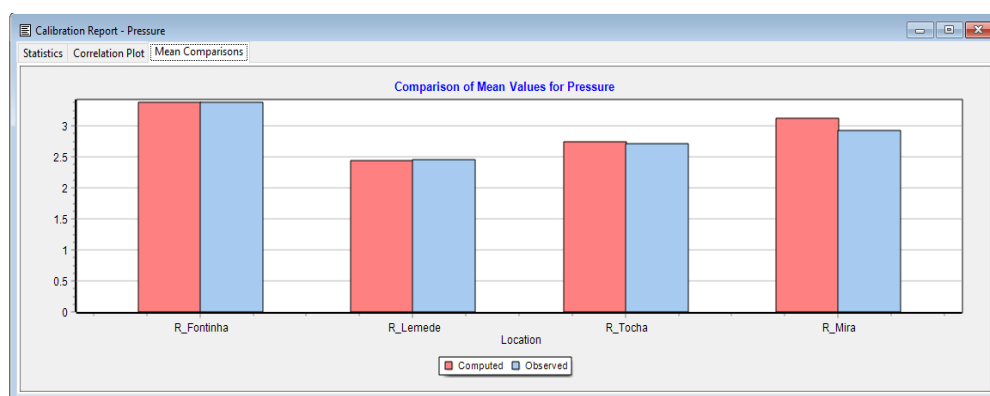


Figura 48. Gráficos comparativos dos níveis no Modelo EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).

O resultado estatístico mostrou que a correlação dos dados de todo processo de calibração foi de 97 % (Veja as figuras 50 e 51).

Calibration Statistics for Pressure

Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
R_Fontinha	288	3.38	3.38	0.199	0.241
R_Lemedede	288	2.46	2.43	0.141	0.165
R_Tocha	288	2.72	2.74	0.300	0.359
R_Mira	288	2.93	3.12	0.293	0.448
Network	1152	2.87	2.92	0.233	0.322

Correlation Between Means: 0.971

Figura 49. Erros e correlação em função dos quatro reservatórios observados no modelo EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).

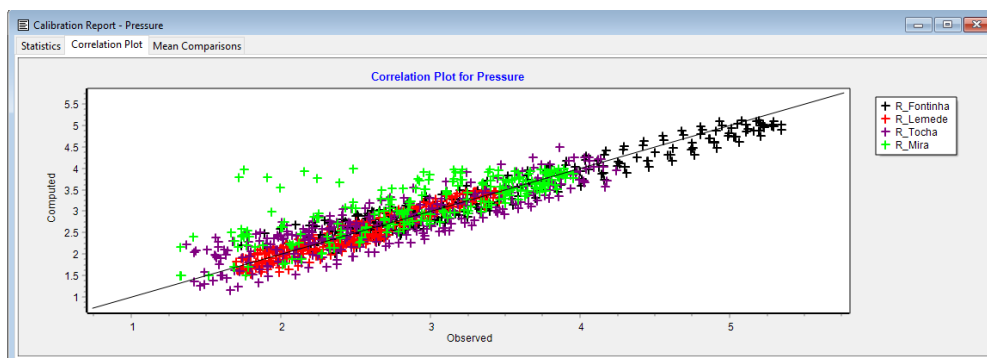


Figura 50. Gráfico da correlação dos dados da calibração dos níveis para os quatro reservatórios no EPANET 2.0 (calibração em 48 e 72 horas).

O exemplo pratico da calibração do modelo em 48 e 72 horas de operação, foi observado nos níveis do reservatório da Fontinha onde se registaram valores próximos entre o modelado e o observado. (Fig. 52)

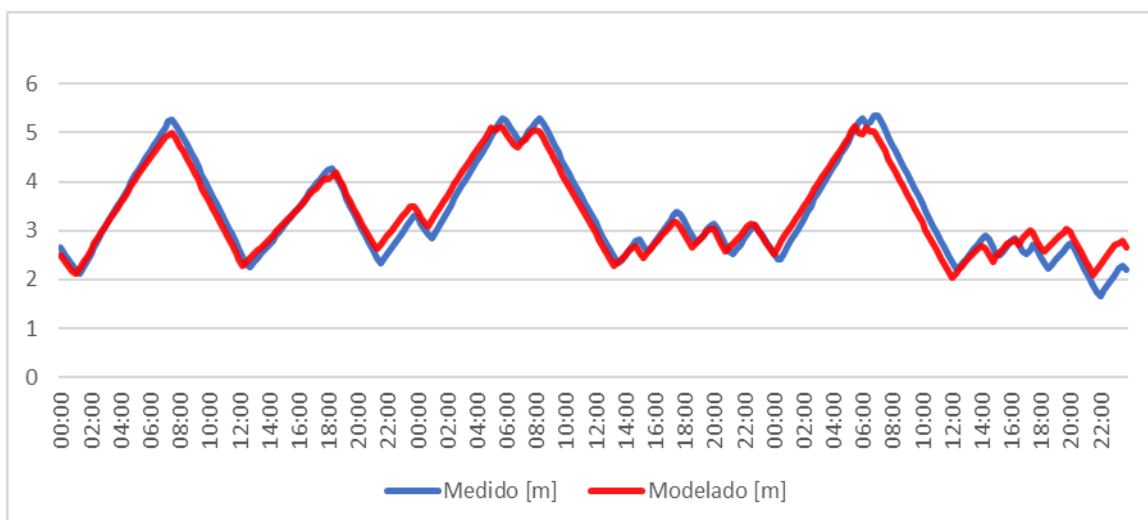


Figura 51. Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 72 horas.

A análise a calibração em torno do processo que compreende 48 e 72 horas de operação, foi representativa de que o dado fornecido e modelado do sistema também pode ser implementado em períodos mais alargados de tempo apesar das dificuldades.

No passo seguinte da calibração, fez-se a análise mais detalhada das 24 horas de operação conforme foi preconizado nos objetivos.

4.9.2. Análise da calibração em 24 horas de Operação.

Pelos dados fornecidos referentes aos dias 5, 6, e 7 de outubro de 2020, foram usadas as primeiras 24 horas (dia 5, quinta-feira) de observações constantes nos dados dos ficheiros “Comma Separated-Values” (CSV). Foi aplicado um intervalo de temporal de 15 minutos para cada medição no campo. Foram selecionados quatro reservatórios para a calibração do nível de flutuação e quatro pontos de consumo a jusante dos reservatórios.

No início, vistos os níveis dos reservatórios e os consumos modelados procedeu-se a comparação com os valores medidos no terreno, designe-se esta fase por pré-calibração. A figura 53, mostra a comparação entre os níveis observados e modelados.

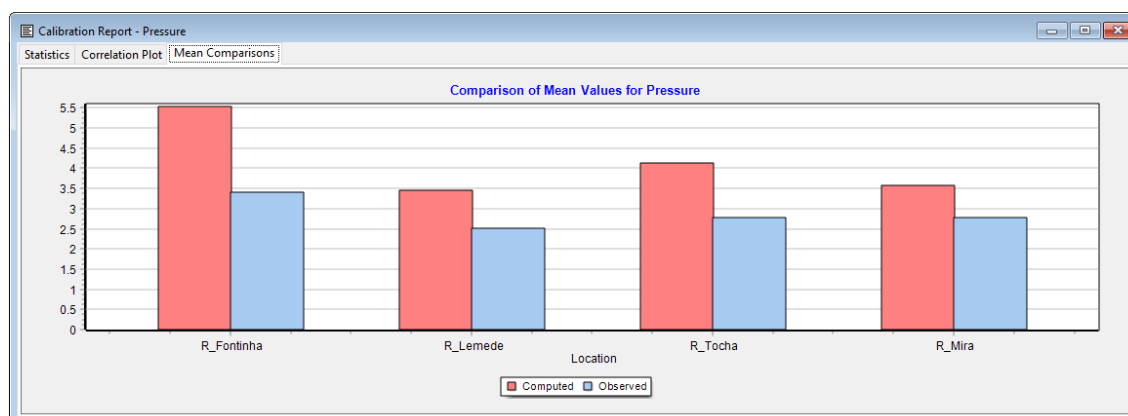


Figura 52. Gráficos comparativos dos níveis no Modelo EPANET 2.0 (pré-calibração).

Na pré-calibração foi verificada uma correlação de 97% dos dados inseridos e os produzidos pelo modelo, mas esta metodologia de análise não foi considerada eficiente para o contexto das calibrações.

Foi possível observar que os valores observados e modelados tiveram diferenças significativas e segundo as regras de calibração preestabelecidas, os valores deveriam estar próximos (veja fig. 54 e 55). Para o alcance das metas da meta, recorreu-se a calibração por etapas que foi de calibrar um reservatório de cada vez.

Calibration Statistics for Pressure

Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
R_Lemedede	96	2.52	2.82	0.316	0.418
R_Fontinha	96	3.43	5.08	1.665	1.827
R_Tocha	96	2.78	3.63	1.073	1.276
R_Mira	96	2.78	3.08	0.482	0.672
Network	384	2.88	3.65	0.884	1.182

Correlation Between Means: 0.974

Figura 53. Erros e correlação em função dos quatro reservatórios observados no modelo EPANET 2.0 (pré-calibração).

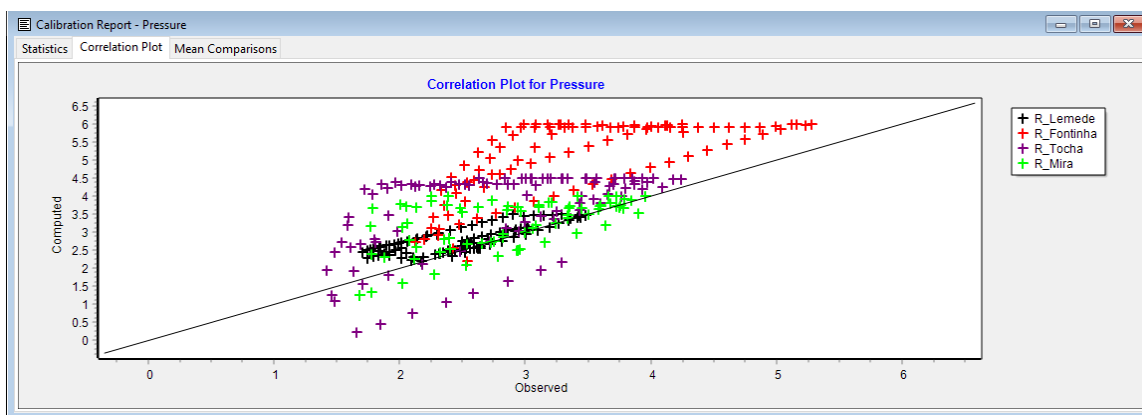
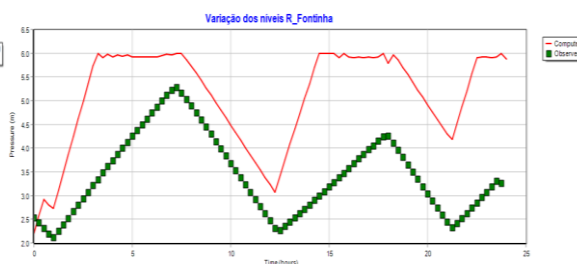


Figura 54. Gráfico da correlação dos dados da pré-calibração para os quatro reservatórios no EPANET 2.0.

Os gráficos da figura 56, apresentaram o reflexo do estava acontecendo entre o modelo EPANET 2.0 e os dados colhidos pela INOVA/SCUBICS. Nessa análise foi possível concluir que os dados apresentavam uma correlação nula.



a)



b)

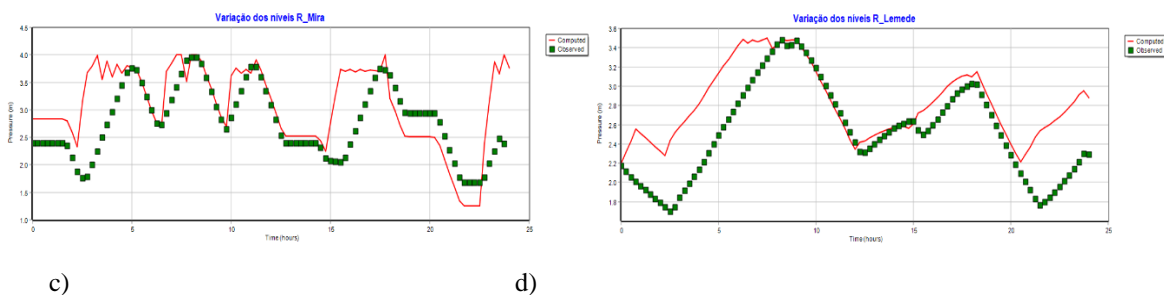


Figura 55. Gráficos comparativos entre os níveis medidos e modelados no EPANET 2.0

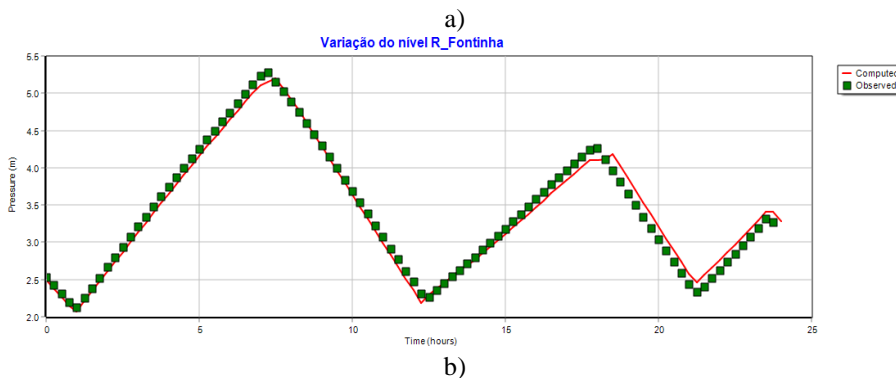
4.10. Níveis do reservatório da Fontinha em 24 horas de operação

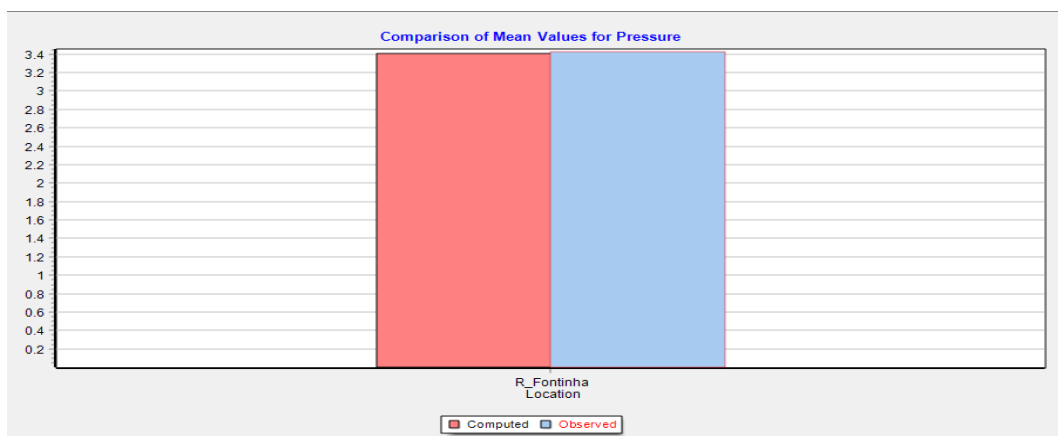
Tomado o exemplo do reservatório da Fontinha, foi possível fazer a micro-calibração após a pré-calibração, todo processo de pré, macro e micro-calibração para os níveis do reservatório e seus caudais consistiu em corrigir a curva da bomba (caudal e carga hidráulica) que serve a adutora para Fontinha. Também foi incrementado paulatinamente a rugosidade no sentido de se ter uma correlação aceitável dos dados modelados em relação aos inseridos. De seguida, foi possível estabelecer uma calibração com 95% de correlação entre os dados medidos e simulados, veja a figura 57, que é referente as estatísticas para a calibração do nível e os dois gráficos comparados.

Calibration Statistics for Pressure

Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
R_Fontinha	96	3.43	3.41	0.089	0.104
Network	96	3.43	3.41	0.089	0.104

Correlation Between Means: 0.959





c)

Figura 56. Estatísticas e calibração dos níveis do reservatório da Fontinha.

4.11. Resultados da Calibração em 24 horas de operação

Recorrendo ao método de tentativa e erro que se mostrou eficiente, mas moroso, foi possível calibrar os seguintes parâmetros:

- Carga hidráulica e caudal (ajuste da curva das bombas)
- Diâmetros das condutas (ajuste das rugosidades e do coeficiente de perdas de carga).

As tabelas 18, 19 e 20, são representativas dos valores calibrados para o modelo de 24 horas de operação após a calibração, os ajustes efetuados confirmaram que os estados das de alguns componentes do SAA de Cantanhede precisam de manutenção.

Tabela 18. Diâmetros calibrados dos reservatórios.

Diâmetros dos reservatórios (m)				
Tipo	R_Lemedede	R_Fontinha	R_Tocha	R_Mira
Calibrado	28	14.2	10.93	7.9

Tabela 19. Curvas calibradas das bombas.

Bombas	Curvas das Bombas	
	Caudal	Carga hidráulica
B. Lemedede	460	460
B. Fontinha	176	295
B. Tocha	174	318
B. Mira 1 e 2	64	120

Tabela 20. Diâmetros dos tubos e rugosidade calibrados

Tubos				
ID	Rugosidades (mm)		Diâmetros (mm)	
	início	calibrado	Início	calibrado
Tb_1	0.3	0.3	350	350
Tb_2	0.3	1.0	250	250
Tb_3	0.3	0.3	200	200
Tb_5	0.3	2.2	300	296
Tb_6	0.3	0.14	300	300
Tb_7	0.3	0.15	200	200
Tb_8	0.3	0.3	250	246
Tb_9	0.3	0.26	250	210
Tb_10	0.3	0.3	200	200
Tb_11	0.3	0.14	200	200
Tb_12	0.3	0.28948	500	479.3
Tb_13	0.3	0.3	500	500
Tb_14	0.3	0.3	350	350
Tb_16	0.3	0.3	500	500
Tb_17	0.3	0.3	250	250
Tb_18	0.3	0.5	250	220
Tb_19	0.3	0.3	250	250

À calibração do sistema com componentes em mau funcionamento, se tornou necessário, nisso foram afetadas as curvas de funcionamento das bombas de acordo com a deterioração que a bomba sofreu ao longo do tempo, surgiu uma nova curva característica no programa EPANET 2.0. (Coelho et al., 2006; Soares, 2015). Também foram afetados os valores das rugosidades dos tubos e dos diâmetros dos tubos, esse exercício foi necessário vistas as características da rede (Vilas-Boas et al., 2008).

Para as condutas do SAA de Cantanhede, Martinho (2013), calibrou alguns setores da SAA de Cantanhede em seu trabalho e verificou que as idades das condutas tiveram influência no processo de calibração. As zonas de medição e controlo (ZMCs) de Casal de Cadima, Lemedede, Portunhos, Tocha e Fornos são as que tem as componentes mais antigas do SAA de Cantanhede com mais de 30 anos, as mais recentes com 15 anos foram as de Exofães, Vilamar e São Caetano, veja figura 58.

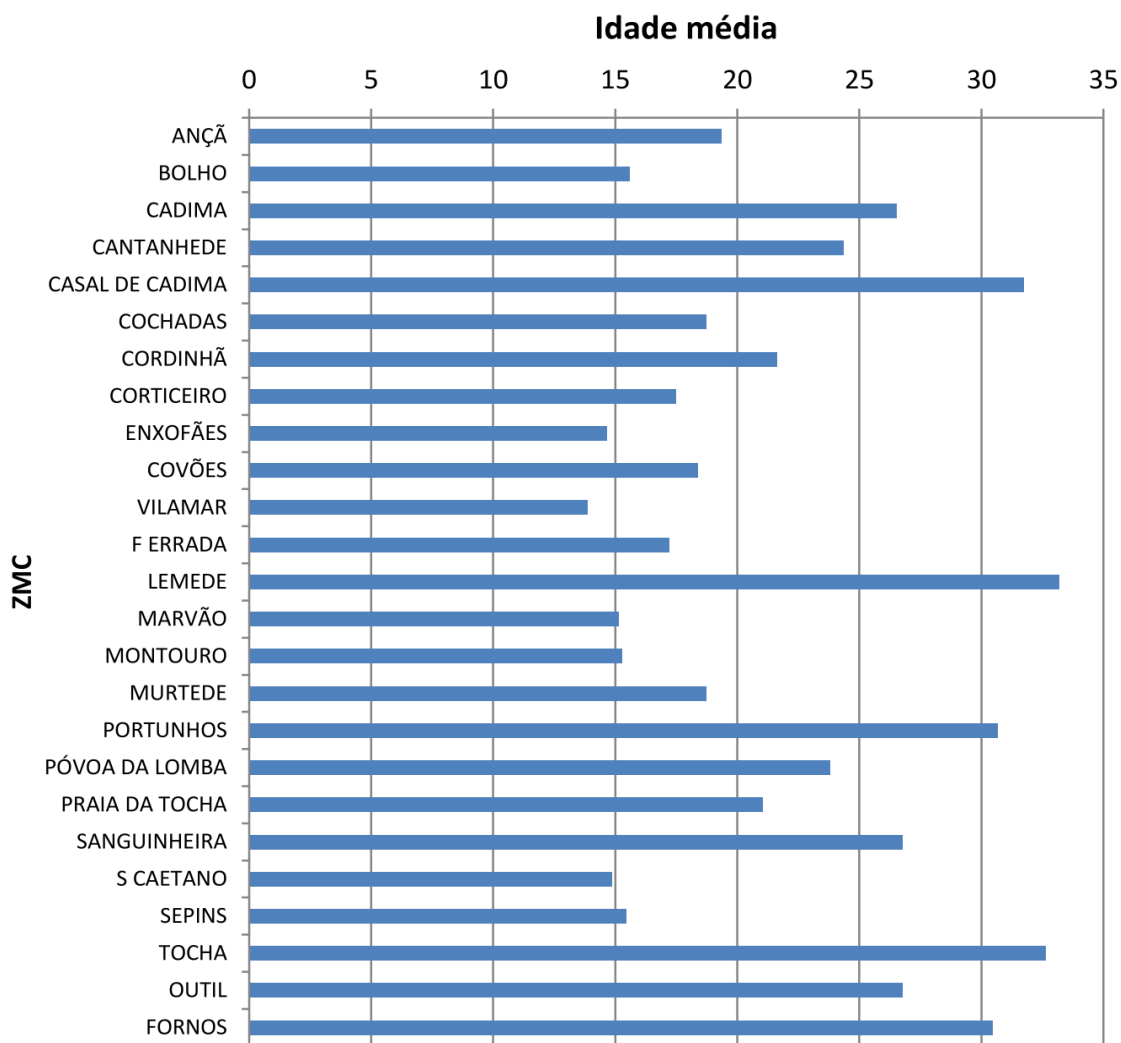


Figura 57. Idade média das tubagens por ZMC (adaptado de Martinho, 2013)

Confirmou-se que as bombas do sistema elevatório de Olhos de Fervença do SAA foram instaladas entre 1979 a 1990. Esse facto foi notado por ter havido a necessidade do ajuste das curvas das respectivas curvas.

O processo de calibração do sistema que operou por 24 horas foi apresentado na totalidade nos apêndices B e C.

As metas para a calibração foram definidas neste capítulo, onde se estabeleceram as bases para a obtenção de concordância entre os valores medidos, calculados e observados no modelo. Na análise da calibração estiveram os seguintes aspetos:

- Os caudais de água a saída dos reservatórios (consumos calculados);
- Os caudais de água aduzidos;
- Os níveis de água nos reservatórios.

A calibração do modelo obedeceu a um passo temporal de 15 minutos ao longo de 24 horas de operação.

De seguida o gráfico da figura 59, mostrou a variação do nível do reservatório da Fontinha ao longo do dia. Foi observado que existiu elevada concordância dos valores medidos e modelados, tendo obedecido aos limites do exposto para uma calibração em que os dados não deveriam ter acima de 20% de desconcordância, pode-se afirmar que o modelo simula da melhor forma as variações dos níveis da água dentro do reservatório.

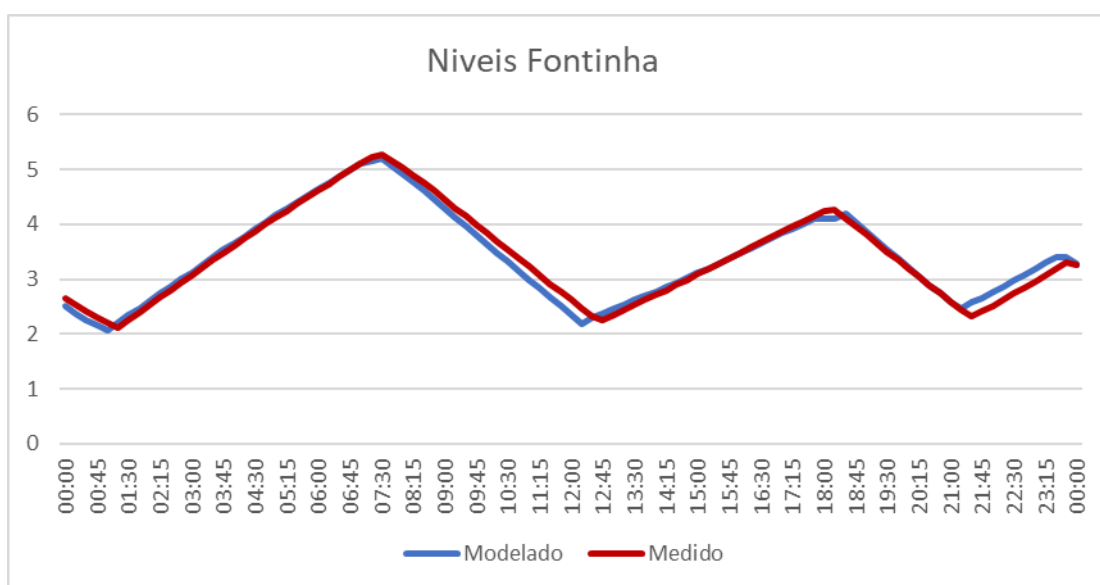


Figura 58. Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 24 horas.

O caudal aduzido representado na figura 60, foi o da entrada no Reservatório da Fontinha e foi verificada a concordância entre os valores modelados e medidos os quais não excederam à tolerância de 20%.

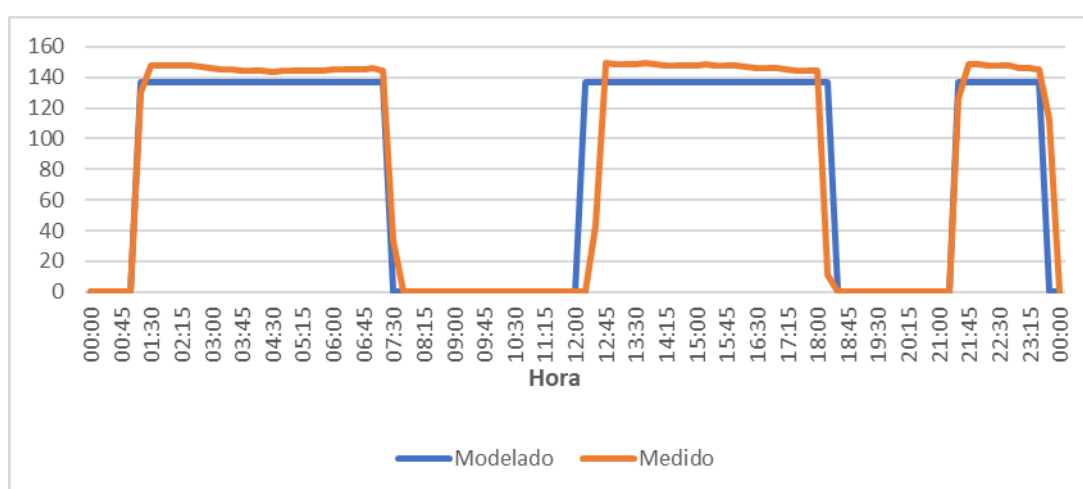


Figura 59. Variação do caudal (m³/h) a entrada do reservatório da Fontinha (adução).

Por fim, foi verificada a figura 61, que representou o caudal consumido a jusante do reservatório de Mira, tal como em outros processos verificou-se uma concordância em 100% entre os valores observados e calculados.

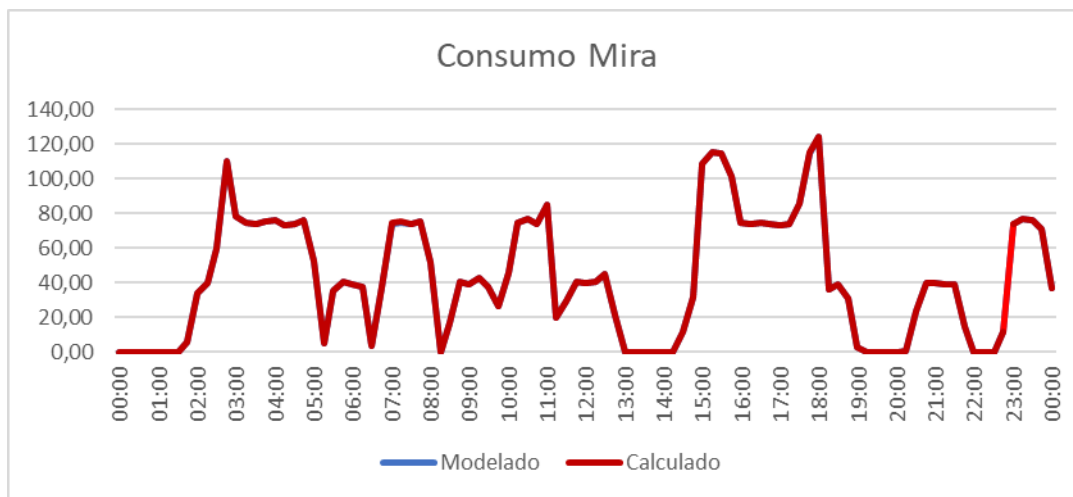


Figura 60. Variação do caudal (m³/h) no ponto de consumo do setor da Mira.

Em contrapartida após várias tentativas não foi possível chegar a uma correlação satisfatória entre os níveis do reservatório da Mira, conforme mostrou a figura 62, estas características e comportamentos foram também verificados no reservatório da Tocha.

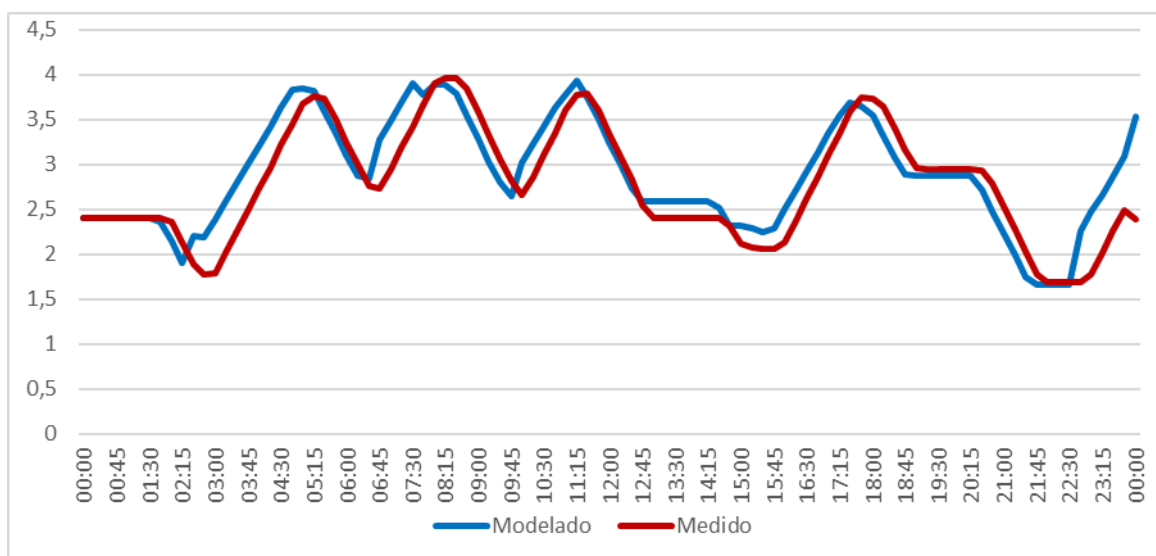


Figura 61. Variação do nível (m) da água no reservatório da Mira em 24 horas.

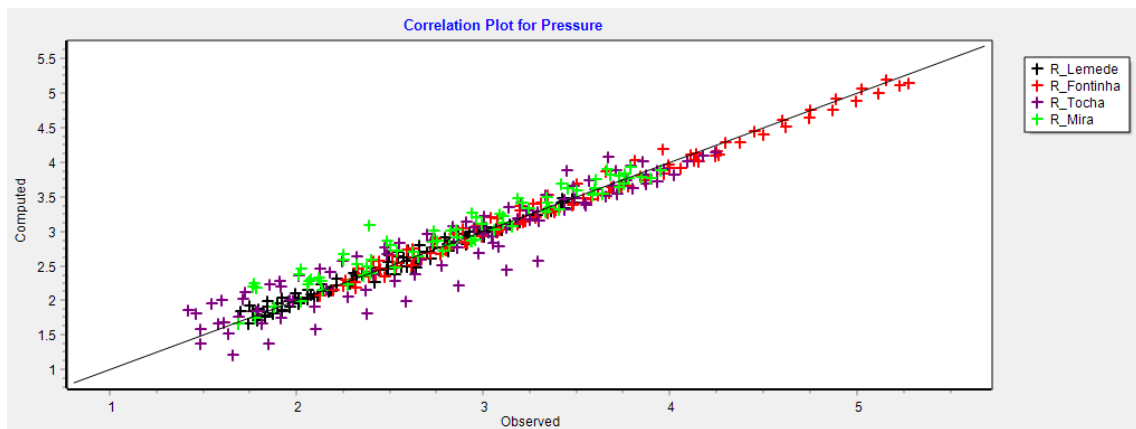
De um modo geral o modelo calibrado é fiável, foi possível calibrar com sucesso de 99 % os dados em todo sistema modelado, veja a figura 63 a), b) e c).

Calibration Statistics for Pressure

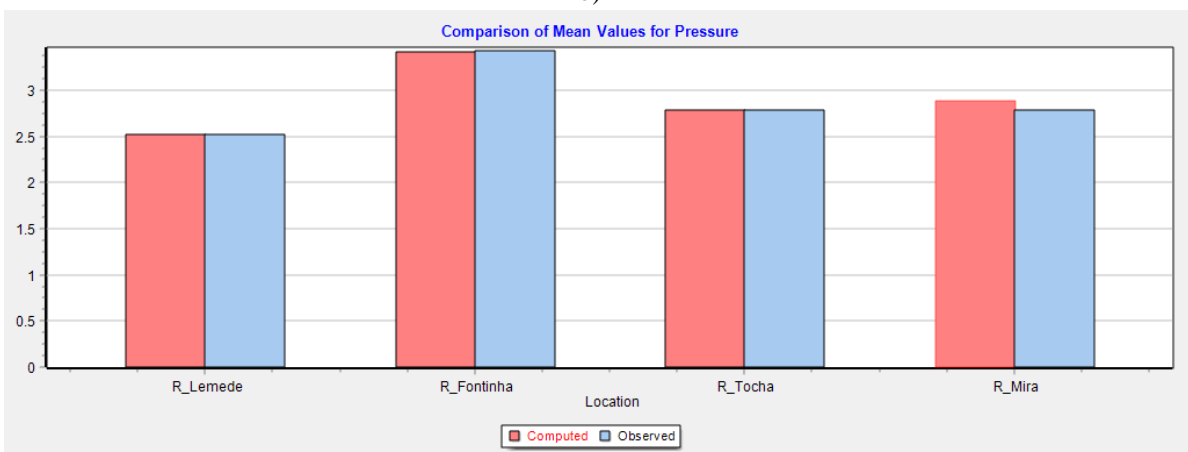
Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
R_Lemedede	96	2.52	2.52	0.065	0.078
R_Fontinha	96	3.43	3.41	0.089	0.104
R_Tocha	96	2.78	2.78	0.207	0.263
R_Mira	96	2.78	2.88	0.137	0.189
Network	384	2.88	2.90	0.125	0.174

Correlation Between Means: 0.991

a)



b)



c)

Figura 62. Estatísticas da calibração final do modelo.

Pela observação da figura 62 a), foi possível perceber que o ponto que apresentou menor fiabilidade foi o reservatório da Tocha com o maior erro médio no conjunto dos quatro reservatórios.

Foi concretizado com sucesso todo o processo de calibração, a figura 62 a), apresentou um relatório de calibração com os vários erros estatísticos listados entre os valores cedidos pela INOVA/SCUBICS e os valores modelados para o dia 5 de outubro em cada reservatório.

Dos elementos listados na figura 62 a), figuraram: o número de observações, a média dos valores simulados e observados, o erro médio absoluto entre cada valor observado e simulado (desvio absoluto médio em relação ao valor simulado) e por fim a raiz quadrática média dos quadrados dos erros (raiz quadrada da média dos quadrados do erro entre os valores observados e simulados – desvio padrão em relação aos valores simulados).

Nesse processo, também foi possível confirmar que o modelo simulou o comportamento real da SAA de Cantanhede. Todo o processo de calibração, automaticamente conferiu novas características ao modelo base.

O objetivo específico que consistia em modelar e calibrar o modelo obtido no *software* EPANET 2.0, foi atingido com uma correlação de dados em 99%.

A exploração do modelo, análise e discussão dos dados referentes ao modelo calibrado e funcionamento foi feita neste capítulo, desde a visualização topográfica até ao funcionamento das bombas e por fim será dada uma conclusão.

5. Exploração do modelo e Discussão dos Resultados

A simulação e exploração do modelo foi realizada para as primeiras 24 horas de operação conforme o objetivo, mas, foi possível à visualização da simulação para as 72 horas dos dados cedidos pela INOVA/SCUBICS. Foi visto que o modelo de 72 horas que simulou as características do SAA de Cantanhede desde a ETA de Olhos de Ferverença até aos pontos de entrega de caudal.

Os elementos associados ao modelo bem como o funcionamento e a operação do SAA foram previamente fornecidos pela INOVA/SCUBICS.

Constatou-se que os modelos para as 72 e 24 horas de operação tiveram um desempenho hidráulico aceitável, as condições iniciais do modelo-base estavam longe do equilíbrio espectável, após longo processo de tentativa e erro para a calibração foi possível obter um modelo totalmente fiável que produziu resultados similares ao modelo real da SAA de Cantanhede. Os resultados dos indicadores observados e analisados em 24 horas de operação estiveram alinhados aos resultados cedidos pelo concessionário INOVA/SCUBICS.

A operacionalização do sistema para 24 horas analisou os indicadores de eficiência da rede: pressão, caudal, perda de carga e velocidades do sistema.

Os indicadores de eficiência na categoria de Operacionais, foram propostos por Marques & Monteiro (2001), num estudo de caso para Portugal intitulado “Aplicação de indicadores de desempenho na gestão de concessionárias de Água”, onde foram propostos 50 indicadores de performance divididos em 5 categorias (Tabela 21):

Tabela 21. Categorias e exemplos de indicadores utilizados em Portugal

Categoria	Exemplos de indicadores
Estruturais	Cobertura do abastecimento [%], densidade de consumidores [consumidores/km], capacidade de armazenamento [dias], materiais, diâmetros e idade de tubos, volume por tipo de consumidor [%]
Operacionais	Frequência de leitura de medidores [leituras/ano], água faturada [%], eficiência da rede [m ³ /dia.km], substituição de medidores [%]
Qualidade da água e do serviço	Água desinfetada [%], água tratada [%], número de análises de qualidade [análises/ano], violações de qualidade de água [%]
Recursos humanos	Empregados por atividade [%], qualificação dos empregados [%], empregados por extensão da tubulação [empregados/100 km]
Econômicos	Tarifas médias de água [US\$/m ³], faturamento por tipo de consumidor [%], investimentos por comprimento de tubulação [US\$/km.ano]

A operacionalização do modelo e à análise dos indicadores Operacionais (pressões, caudais, perda de carga e velocidade de escoamento), conferiram ao modelo de estudo da dissertação eficiência necessária para a representação das características reais da rede do Município de Cantanhede em 24 horas de operação.

5.1. Análise do desempenho hidráulico e indicadores de eficiência

5.1.1 Topografia do Terreno

Para a análise do desempenho hidráulico, se fez uma abordagem da topografia onde o sistema se localiza. Na figura 64, foi apresentado o mapa de isolinhas que continha as altitudes dos locais por onde passa a tubagem e em comparação com os dados fornecidos pode-se confirmar que foi necessário o uso das bombas para a adução da água.

No entanto, da ETA Olhos de Fervença até ao reservatório de Lemedede foi necessário que à bomba impulsiona-se um alto caudal devido a localização geográfica da região que esta acima dos 100 metros do nível médio das águas do mar. O cenário repetiu-se para as restantes regiões, mas com baixo caudal aduzido porque estariam abaixo dos 100 metros do nível médio das águas do mar e também devido ao reduzido diâmetro das adutoras, esse constituiu um fator favorável para o uso de bombas de menor caudal e posteriormente menor consumo energético.

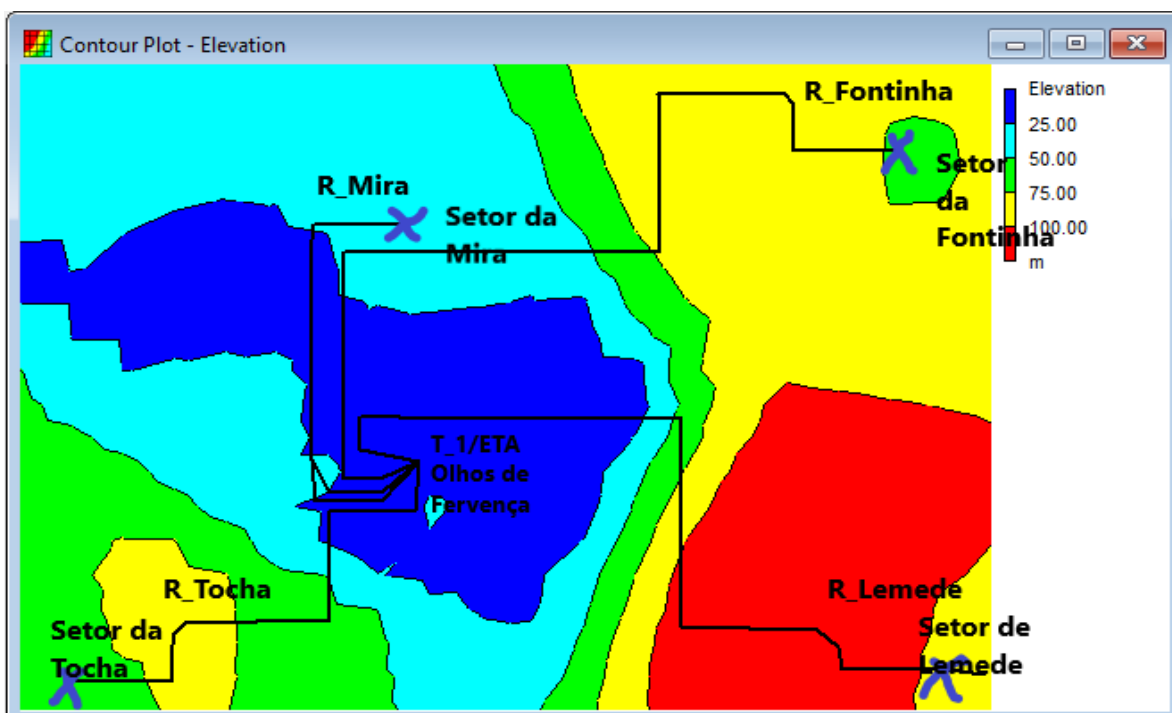


Figura 63. Mapa de isolinhas do sistema modelado

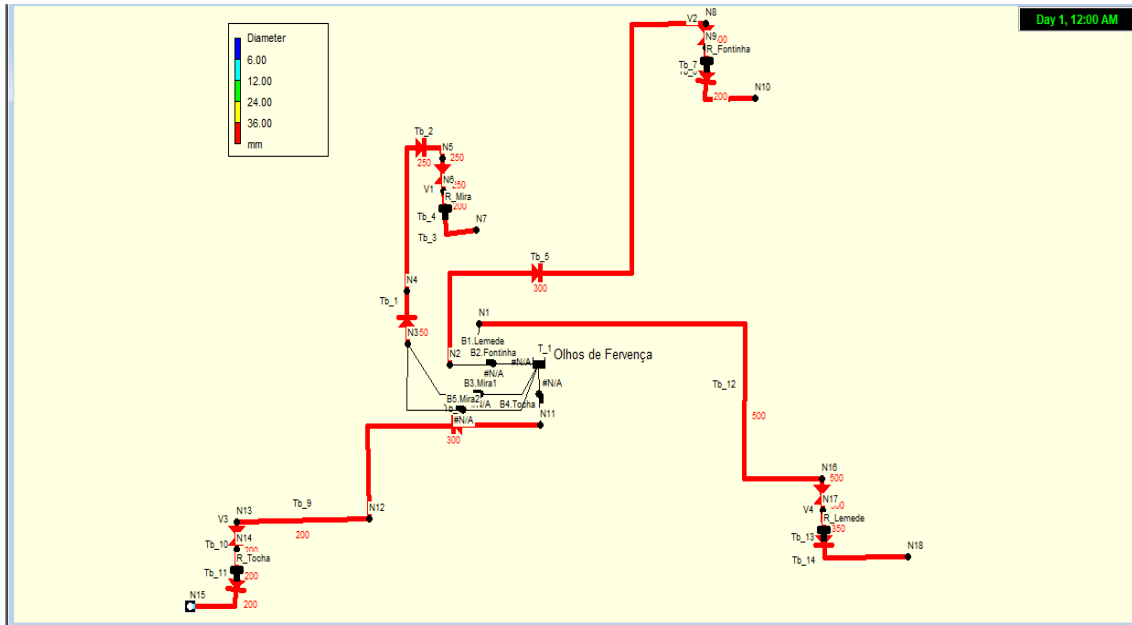


Figura 64. Representação dos diâmetros (mm) das condutas

5.1.2. Indicador de Caudal

No seguimento da análise ao comportamento de caudal foi escolhida a adutora para o reservatório da Fontinha e o consumo a sua jusante. No gráfico da figura 66, que representa o caudal aduzido e consumido pelo reservatório da Fontinha pode-se constatar que o caudal de entrada foi o medido e modelado na adutora “Tb_5” e o caudal consumido a jusante no “Tb_7”. Os caudais de consumo verificados foram calculados na base das fórmulas (1).

Pela análise da figura 66, percebeu-se que o dia de maior consumo foi o sábado durante o período diurno entre as 13:00 h e as 15:00 h e o menor consumo foi observado a quinta-feira entre as 15:45 h e as 17:00 h.

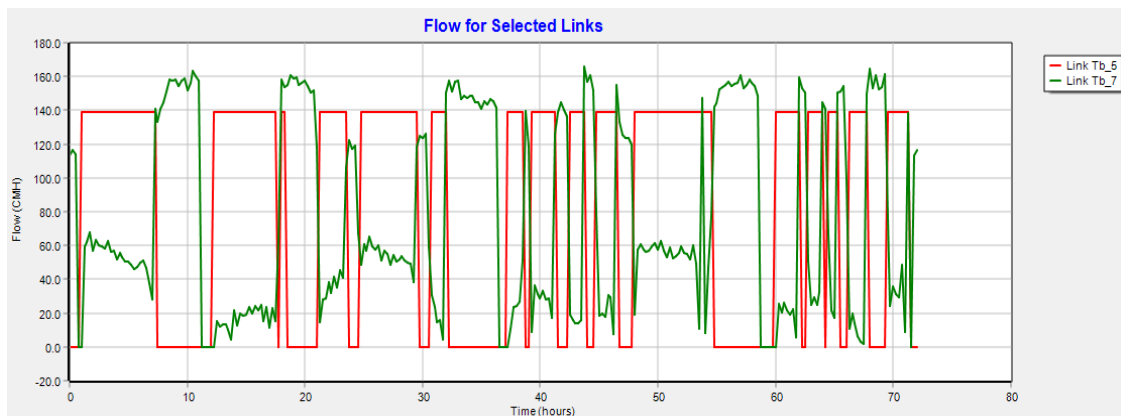


Figura 65. Caudais à entrada e saída do Reservatório da Fontinha durante 72 horas.

Pelos dados dos caudais aduzidos, foi verificado que a bomba fez 6 arranques no dia de maior consumo e 3 arranques no dia de menor consumo. Com base no cenário de funcionamento das bombas também se verificou que no dia de maior consumo, a bomba funcionou na sua capacidade máxima.

Ao longo do período noturno as bombas funcionaram no sentido de manter a capacidade máxima dos reservatórios e sendo acionadas nas horas de menor tarifa energética, essa foi a estratégia implementada para a otimização do custo energético.

Pode-se afirmar que o maior caudal da rede foi consumido pelo setor de Lemedede com uma cifra de cerca de 62% da água de todo o sistema, sendo a restante parte distribuída nos restantes três setores.

Das análises aos caudais também foi possível perceber que as estações elevatórias situadas na ETA de Olhos de Fervença não cessam por completo a operação das bombas. Os grupos de bombas funcionam de forma alternada para igualarem o seu desgaste.

De um modo geral a maior parte da adução foi feita no período noturno dando maior capacidade de encaixe de volumes de água ao sistema para posterior uso nas primeiras horas do dia. As adutoras para Fontinha e Lemedede foram as que maior caudal produzido conduziu, foi possível perceber que essas adutoras albergam os maiores diâmetros do sistema com 300 e 500 mm respetivamente.

5.1.3. Indicador de Pressão

O decreto Regulamentar de 23/95 de 6 de agosto estabelece as pressões mínimas e máximas para o funcionamento das redes de distribuição de água e saneamento do meio, mas para os sistemas adutores não estão definidas metas para as adutoras, esta foi uma estratégia encontrada no sentido de permitir que a água chegue aos seus destinos garantindo o seu consumo. Compete as entidades gestoras gerirem de maneira sustentável a adução.

Parte do SAA em análise e modelado é constituído por adutoras feitas de materiais resistentes como o FFD e PVC no sentido de garantir que as pressões de entrada dos reservatórios sejam suficientes.

As pressões altas verificadas no modelo calibrado se registaram na saída de cada grupo elevatório, também foi de notar que nestes pontos a altitude é quase a mesma na ETA de onde é bombeada a água, nos pontos de transição das tubagens de maior diâmetro para os de menor, as pressões tendem a baixar e este comportamento pode ser verificado a jusante de todos os reservatórios.

No sistema foram incorporadas válvulas VA, estas são válvulas de alívio e segurança que gerenciam e controlam a entrada da água nos reservatórios evitando a danificação dos equipamentos de receção da água, diminuem também a pressão exercida sobre o reservatório controlando os níveis e regulando as bombas a montante.

Na leitura feita aos mapas geoespaciais cedidos pela INOVA/SCUBICS, verificou-se a existência de válvulas de PRV a jusante dos reservatórios distribuídos estrategicamente ao longo dos setores abastecidos, esta válvula tem em vista assegurar que o sistema não sofra danos ou desgaste nas condutas devido a flutuações das pressões e das velocidades durante as horas de funcionamento. Nisto as válvulas PRV afiguram-se, muito importantes na gestão do funcionamento da SAA dando maior segurança de funcionamento o que proporciona uma robustez do sistema evitando impactos ambientais, sociais e económicos.

5.1.4. Indicador de perda de carga

Visto que o indicador de carga já tinha sido analisado e discutido para o modelo-base, torna-se importante voltar a analisá-lo no contexto da simulação dinâmica vistas as mudanças sofridas. A análise foi realizada no modelo de 24 horas de simulação.

Nesse caso os perfis seguiram a mesma sequência do modelo estático, mas com algumas alterações após a calibração e verificou-se a perda de carga insignificante nas válvulas VA a montante dos reservatórios de Fontinha, Tocha e Mira foi insignificante. Segundo as figuras 67, 68 e 70.

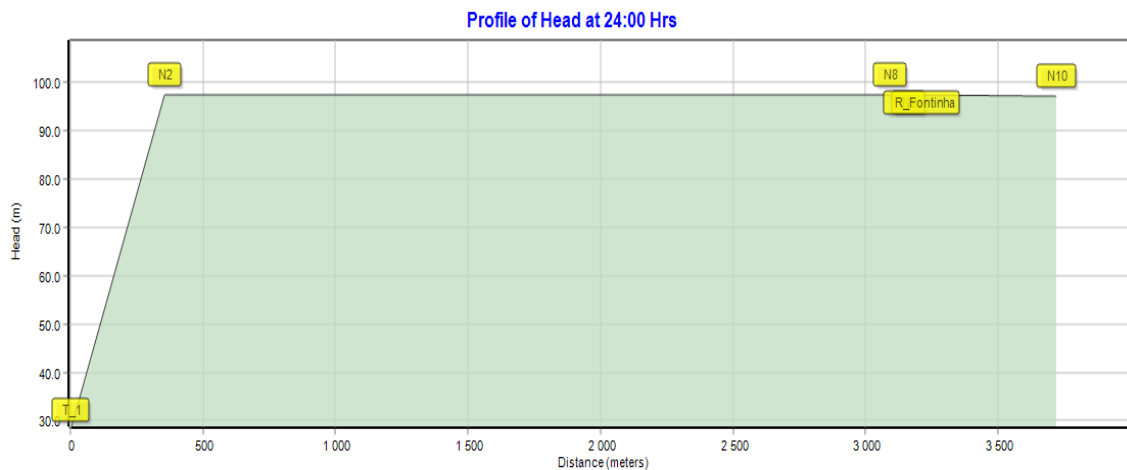


Figura 66. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Fontinha, pós-calibração.

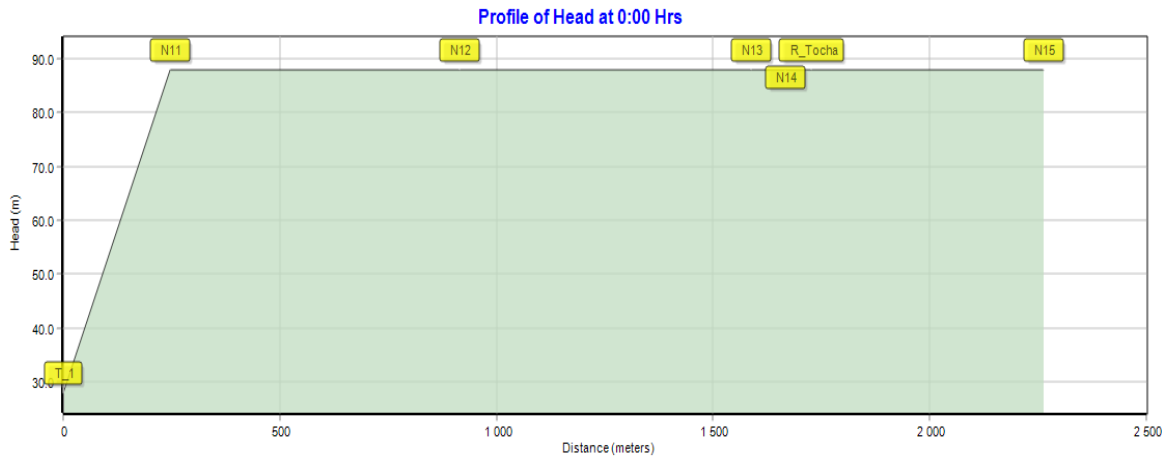


Figura 67. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Tocha, pós-calibração.

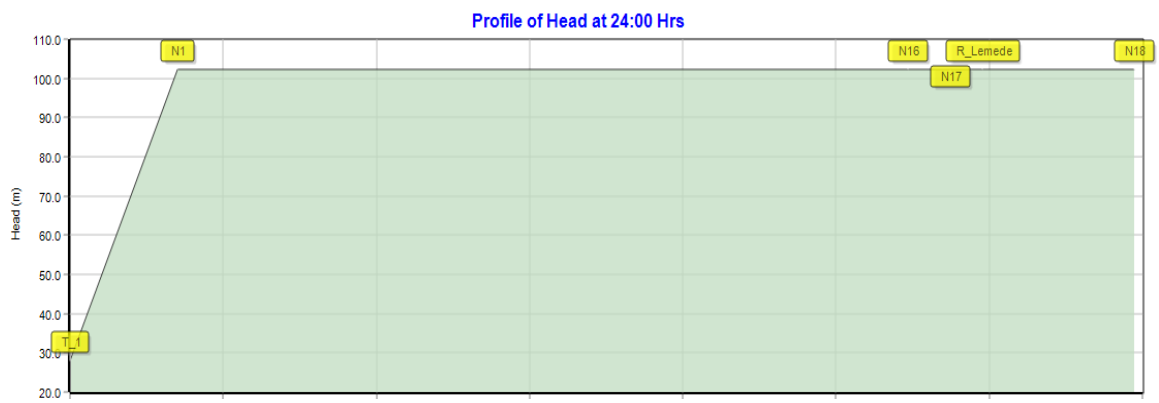


Figura 68. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Lemede, pós-calibração.

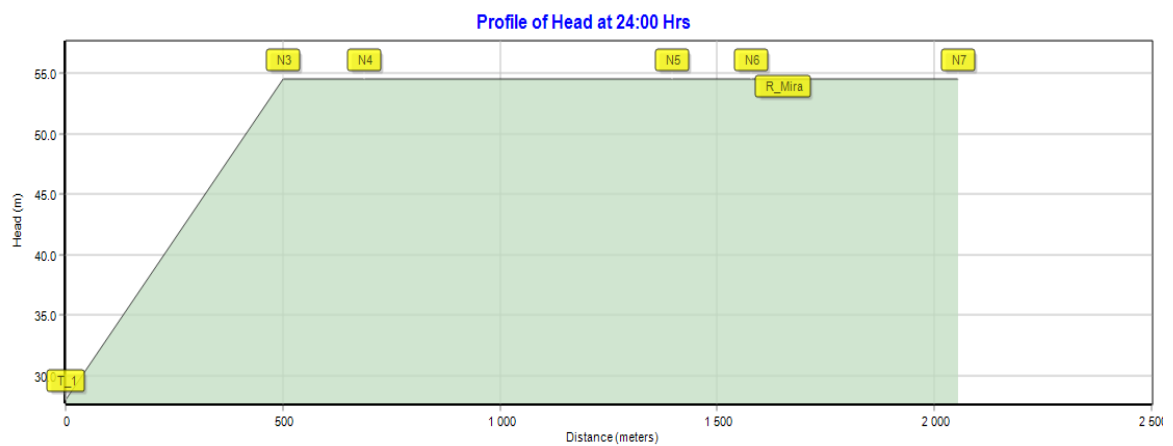


Figura 69. Perfil da carga ao longo das condutas até ao ponto de entrega da Mira, pós-calibração.

Nos perfis das figuras que retrataram as perdas de carga ao longo dos trajetos foi possível verificar que tiveram um comportamento idêntico.

No modelo calibrado os perfis de carga refletiram o bom funcionamento da rede apesar das idades dos componentes do sistema. Diga-se que foram eficientes no sistema calibrado e foram reveladores de um sistema perfeitamente funcional e sem perdas assinaláveis de energia por fugas de água devido a ruturas.

5.1.5. Indicador de velocidade

Neste âmbito o último indicador analisado será a velocidade de escoamento nas condutas, conforme referido na análise e discussão do modelo estático as velocidades devem cumprir o estipulado no Decreto Regulamentar 23/95 de 6 de agosto que fixa uma fórmula de calculo para os limites de velocidades máximas nas condutas em função do diâmetro. A norma Portuguesa de 1971 fixou a velocidade de 1,5 m/s para condutas com diâmetros acima de 400 mm de diâmetro.

Foi possível observar na figura 71, que as velocidades das adutoras não superaram o estipulado na norma Portuguesa, verificando que para a adutora de maior diâmetro do sistema a “Tb_12” com 500 mm de diâmetro teve uma velocidade constante de 0,68 m/s para o reservatório de Lemedede, a “Tb_5” com o diâmetro de 300 mm manteve uma velocidade constante de 0,56 m/s para o reservatório da Fontinha, a “Tb_18” com 250 mm de diâmetro teve uma velocidade constante de 0,64 m/s para o reservatório da Mira e por fim as “Tb_8” e “Tb_9” com diâmetros médios de 250 mm tiveram velocidades de 0,68 e 0,93 m/s respetivamente para o reservatório da Tocha.

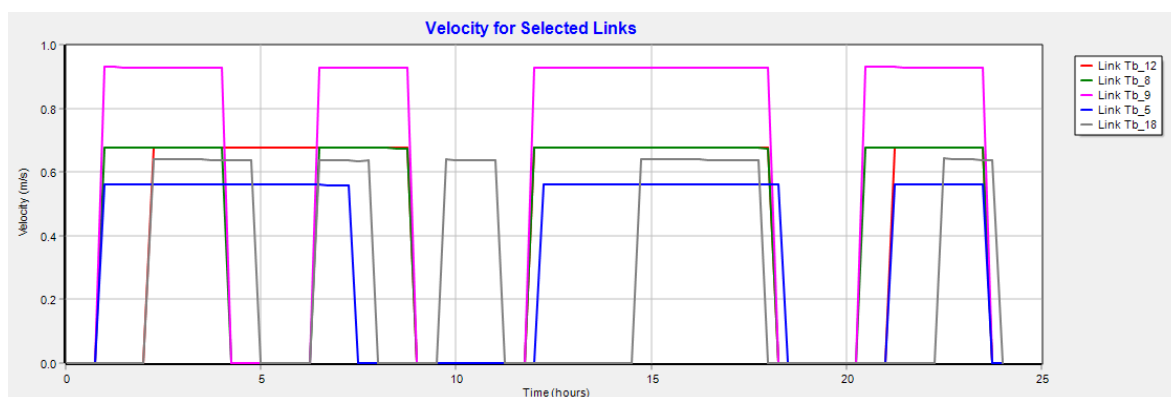


Figura 70. Velocidades da água nas adutoras (m/s)

Da análise a figura 72, e tendo como base a velocidade estipulada pela norma Portuguesa, a velocidade máxima registada foi de 1,44 m/s entre o reservatório de Lemedede e o nó “N18”, sendo que, a conduta tem um diâmetro de 350 mm.

Observando a figura 72, verificou-se que a tubagem de 200 mm que parte do reservatório de Tocha até ao nó “N15” registou uma velocidade de 4,35 m/s, este facto aconteceu as 18:30 horas no modelo porque houve um excesso de fluxo que atingiu 492,14 m³/h devido aos padrões de consumo que chegaram a 2 m³/h, assim, naquele troço de tubagem foi excedida a velocidade máxima recomendada, mas isso não afetou o funcionamento do sistema, tendo sido um caso isolado.

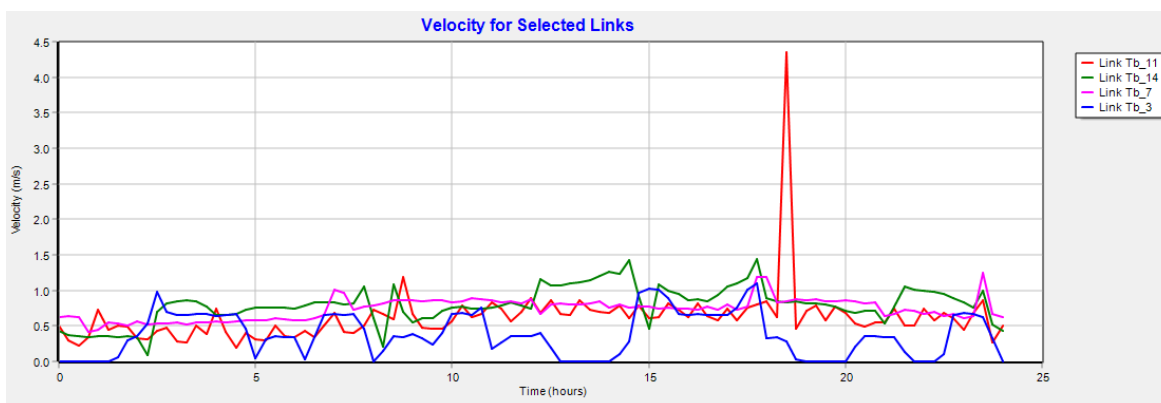


Figura 71. Velocidades da água nos tubos a jusante dos reservatórios (m/s)

No tocante a velocidade, o modelo calibrado reflete o funcionamento do sistema, sendo que 99 % das velocidades simuladas não estão fora dos padrões estabelecidos por lei. O sistema apresenta eficácia suficientemente sustentável para a distribuição e condução da água, este foi o resultado da adução e distribuição da água.

5.2. Operação das bombas

Em resumo, as cargas do sistema ao longo das tubagens são o indicador revelador de um bom ou mau funcionamento das condutas e das bombas. A rutura das condutas provoca uma acentuada subida do volume de caudal que deve ser injetado na rede para compensar o caudal perdido na adução e distribuição da água. Isso teria como consequências, o funcionamento ininterrupto das bombas com um desgaste precoce dessas máquinas hídricas e um consumo acima das expectativas, tendo influência socioeconómicas para os gestores do sistema e para os consumidores.

Efetuada a análise ao funcionamento das bombas foi possível verificar que as bombas foram acionadas em média as 2:00 horas da manhã e desligadas entre as 7:30 e as 9:00 horas. No contexto da fatura energética esse foi um período de baixa tarifa e se pode afirmar que os reservatórios mantinham o seu nível máximo para posterior abastecimento a rede. Em dias de maior consumo as bombas nos quatro sistemas elevatórios fizeram em média seis arranques nas 24 horas, sendo que a maior parte dos arranques foi feita no

período diurno acarretando um custo energético mais alto, pois, os custos energéticos são mais caros ao longo do dia.

As bombas sempre estiveram em sintonia com os níveis verificados nos reservatórios providenciando o caudal necessário ao funcionamento da SAA. A tabela 22, apresenta as bombas alocadas ao Sistema Elevatório de Olhos de Ferverença, foi possível perceber que tem mais de 21 anos de serviço.

Tabela 22. Sistema elevatório da ETA de Olhos de Ferverença

Sistema Elevatório	Bomba	Recetor	Caudal Nominal	Altura Manométrica	Potência	Funcionamento e Estado	Ano de instalação
ETA Olhos de Ferverença	aEB-24	Tocha	129	93	110	Manual-on	1979
	aEB-23	Mira	79	60	30	Manual-on	1999
	aEB-21	Lemedede	460	110	320	Manual-on	1995
	aEb-31						
	aEB-22	Fontinha	190	90	150	Manual-on	1990

A INOVA/SCUBICS, concessionaria do sistema, procedeu a troca das antigas bombas para Lemede e Fontinha, tendo sido substituídas por outras com melhor tecnologia (centrifuga) no ano de 2015 propiciando à eficácia do grupo das motobombas para toda a rede. Nisso, as bombas poderiam ter sido classificadas como indicadores de carga hidráulica do sistema e funcionam de forma eficiente.

5.3. Análise de cenários de funcionamento das Bombas

O sistema de bombagem esteve diretamente dependente dos níveis dos reservatórios, pressões e dos consumos das respetivas regiões. A análise ao funcionamento das bombas foi para o cenário da variação do padrão tarifário temporal e a variação das velocidades nas bombas.

Foram testados vários cenários para a verificação da poupança energética, mas, só um obteve completo sucesso. Sendo que, à metodologia da análise da economia energética das bombas começou com a visualização temporal dos padrões de consumos e das tarifas energéticas, foi visto que o nível do reservatório desempenhou papel importante na análise energética porque esteve relacionado com a capacidade de armazenamento dos reservatórios.

A disposição dos dados das velocidades teve em conta duas bombas do sistema elevatório de Olhos de Ferverença que elevam o caudal aduzido para os reservatórios de Lemede e Fontinha. (Veja anexos I e II – dados das bombas)

Na figura 73, notou-se a relação entre o padrão de consumo e a tarifa energética, foi possível verificar que quanto maior a tarifa energética então maiores foram os consumos

de água, tendo-se percebido que ao longo do dia o gasto energético das bombas foi maior que no período noturno onde se registam as menores tarifas.

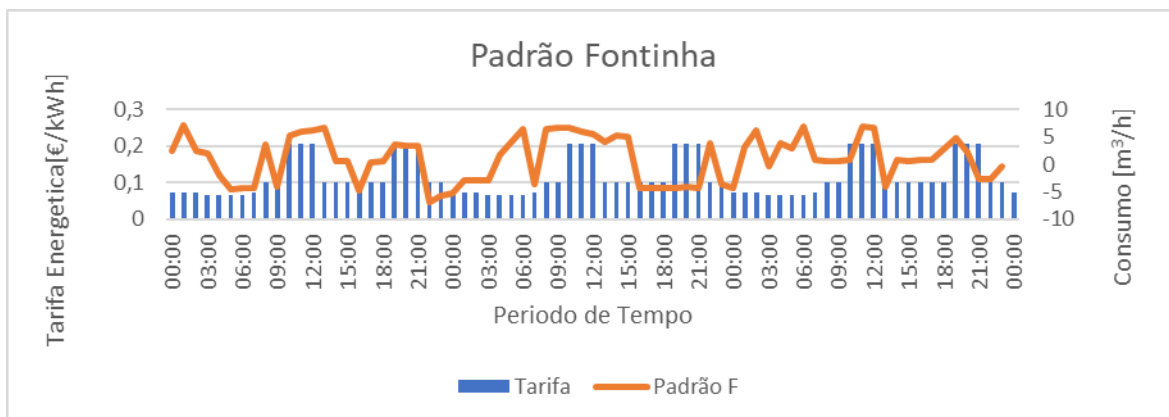


Figura 72. Padrão de consumo associado ao ponto de consumo da Fontinha e padrão do preço de energia.

O cenário verificado para a figura 73, repetiu-se na figura 74, as 21:00 horas do primeiro dia e as 21:00 horas do terceiro dia, de facto o consumo energético foi menor na figura 73, com os padrões de consumo quase estáticos.

Foram associados ao modelo para a análise energética, os dados referentes: as alturas manométricas e as curvas características das bombas. A análise das bombas foi feita em alta nas velocidades relativas de 50% e 140% da velocidade nominal.

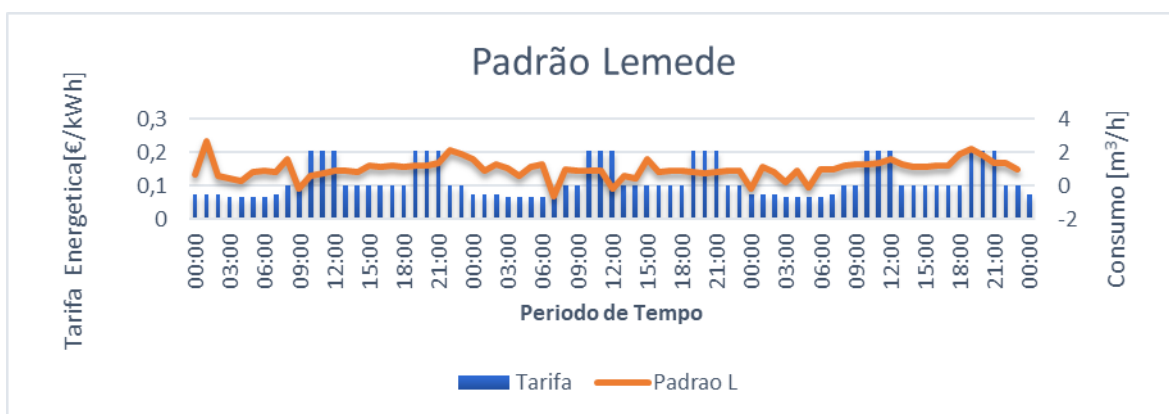


Figura 73. Padrão de consumo associado ao ponto de consumo de Lemedede e padrão do preço de energia.

5.4. Custo diário das bombas

5.4.1 Cenário real

Foi visto no modelo que o custo diário de operação das duas bombas esteve orçado em 517,05 €/dia, tempo real de operação, este exercício foi feito com o propósito de verificar a eficiência do funcionamento das bombas em um cenário de alteração do tempo de

funcionamento no simulador EPANET 2.0, para as bombas de Lemedede e Fontinha (Veja figura 75).

Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /m3	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
B.Fontinha	63.54	75.00	1.16	161.41	161.67	80.52
B.Lemedede	62.50	75.00	2.05	902.01	965.70	436.53
Total Cost						517.05
Demand Charge						0.00

Figura 74. Simulação do gasto energético das bombas elevatórias para os reservatórios da Fontinha e Lemedede pelo EPANET 2.0

Foi possível verificar o comportamento da velocidade em função dos níveis dos reservatórios. No início, as velocidades nominais N não sofreram variações e foi visto que uma das características importantes para o funcionamento das bombas no sistema acontecia quando fossem ligadas provocando o enchimento dos reservatórios e propiciando o aumento e a manutenção das reservas de água.

Na figura 76, a velocidade da bomba foi relativamente baixa devido as condições geográficas do terreno que contribuiriam para a adução gravítica reduzindo o esforço da bomba, as características do terreno e as cotas piezométricas tiveram influência no sistema.

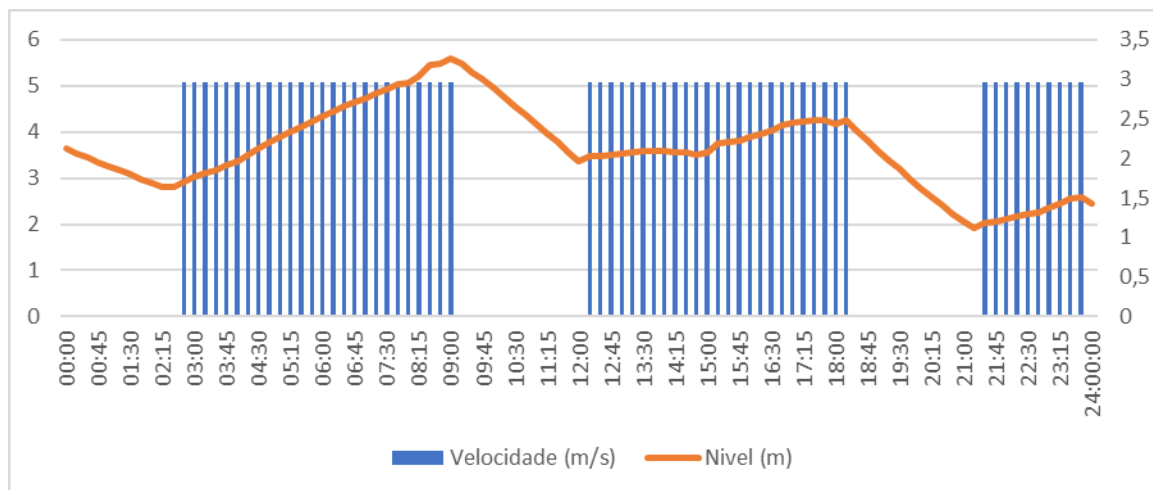


Figura 75. Representação temporal da variação dos níveis do tanque de Lemedede a velocidade nominal N.

Da figura 77, verificou-se a adução de caudal para reservatório da Fontinha. Nisto, a velocidade foi duplicada em relação à velocidade para a bomba de Lemedede.

Novamente, que o fator geográfico contribuiu de forma negativa para a bomba aumentando o esforço da bomba, porque a cota do terreno da Fontinha é mais elevada em relação a cota do terreno da ETA de Olhos de Fervença e do local onde se situa o reservatório de Lemedede. também regista uma cota elevada em relação a ETA

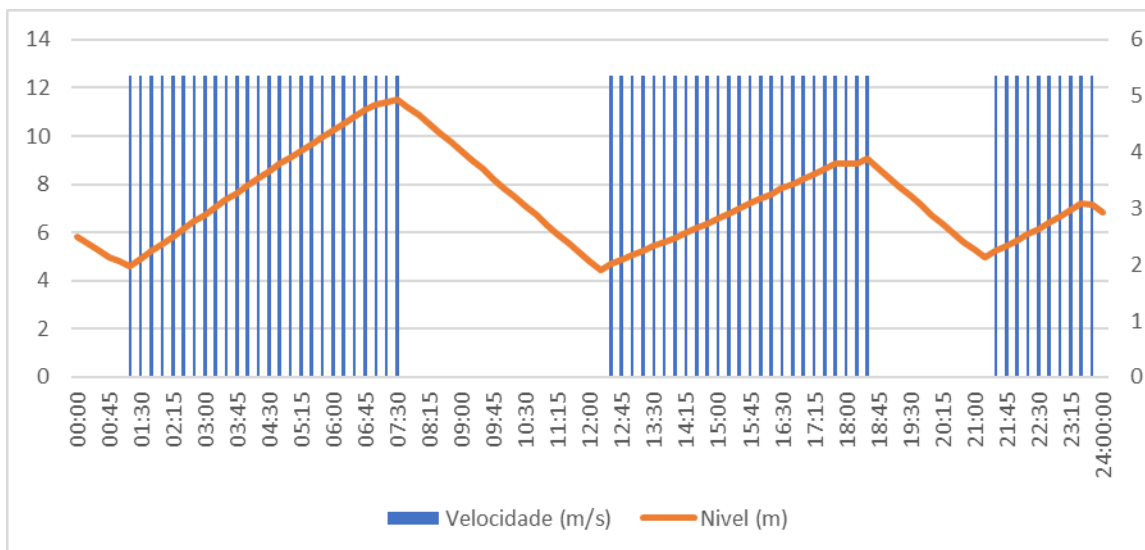


Figura 76. Representação temporal da variação dos níveis do tanque da Fontinha a velocidade nominal N.

No entanto, foi notório que a eficiência positiva dos quatro indicadores analisados bem como a questão das características topográfica dos locais onde se situam os elementos do SAA, colaborou nas velocidades verificadas e configuradas para as bombas analisadas.

Questões como o número de utentes que um sistema vai servir também intervêm no processo de configuração do tipo de bombas necessárias para o fornecimento de caudal necessário as necessidades dos utentes (domésticos, comerciais, agricultura e indústrias).

5.4.2. Análise do cenário de eficiência energética das bombas

Na situação inicial o custo de funcionamento das bombas para um período de 24 horas foi obtido modelando o sistema. Foi visualizada a progressão dos níveis dos reservatórios consoante as velocidades no início da operação das bombas para os períodos de diferentes tarifas de energia.

As tarifas energéticas dividem-se em períodos de: horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio, esses períodos obedecem a uma tarifa estabelecida conforme os regulamentos da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no RRC artigo 119 no seu nº 6. Nos períodos de vazio as tarifas corresponderam entre 0,0660 kWh à 0,0738 kWh e nos períodos de ponta os valores estiveram entre 0,10004 kWh à 0,2595 kWh. Outro dado importante para a eficiência das bombas foram as velocidades (Veja tabela 23):

Tabela 23. Dados das bombas elevatórias para as RNVs de Lemedede e Fontinha

Bombas (marca e serie)	Sentido da vazão	Velocidade (rpm)		
		N ₁ = 0.5 N	N	N ₂ = 1.4 N
KSB ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B	Olhos de Ferverça- Fontinha	1491	2982	4174.8
KSB Etanorm RM 200-500	Olhos de ferverça- Lemedede	745.5	1491	2087.4

As bombas da tabela 24, foram adquiridas no ano de 2015 e pertencem a classe das bombas centrífugas com maior eficiência de operação e são de rotação variável. O cenário analisado foi o da variação das velocidades relativas das bombas.

Com o aumento e ou a redução da velocidade relativa no modelo não houve impacto significativo sobre a mudança dos valores energéticos. Assim, Coutinho & Soares (2017), afirmaram que o EPANET 2.0 não pode ser usado como modelo de simulação para a verificação do comportamento Energético de Bombas de rotação variável (BRV).

Pois para esses casos, o EPANET 2.0 tornava-se impreciso porque não levava em conta a mudança na curva de eficiência quando alterada a sua velocidade, mas se usado o *EPANET 2.0 modificado* com um novo algoritmo seria possível verificar o desempenho energético das BRV. Desse estudo também foi verificado que quanto maior a velocidade de rotação da bomba maior seria a eficiência que proporciona uma poupança energética considerável.

Na relação gráfica da velocidade e do nível que foi vista nas figuras 75 e 76, verificou-se que os momentos das velocidades no início corresponderam ao acionamento das bombas e os níveis dos reservatórios tiveram uma tendência de aumentar os volumes armazenados nos reservatórios.

O segundo cenário analisado na vertente da eficiência energética foi o padrão horário de funcionamento das Bombas. No processo dos vários cenários ensaiados para as duas bombas do SAA de Cantanhede, foi encontrado um que apresentou resultados (veja a tabela 24):

Tabela 24. Cenários modelados, padrões e resultados dos custos diários.

Cenário	Bomba	Tempo de Funcionamento das bombas (Padrão -horas)	Average kwatts	Resultados	
				Custo diário (€)	
				Por Bomba	Total dia
1	Fontinha	0-6, 19, 23	161.30	77	483
	Lemedede	0-6, 19, 23	882.10	406	

Dado que as bombas funcionaram de forma eficiente, foi verificando que eram tecnologicamente as mais eficientes do sistema em alta, o cenário da tabela 25, conseguiu

funcionar em pleno dando uma poupança energética de 5,02 % do valor observado na figura 74.

Em cenários de eficiência energética de redes de SAA, o EPANET 2.0, se afigurou como modelo confiável para estudos e previsões vista a sua gama de associabilidade com outros *softwares*, podendo formar *softwares* mistos ou aglutinar novas funções de estudo para a verificação da eficiência energéticas das bombas e de todo um SAA.

5.5. Discussão e Comparação de resultados

Na atualidade a ineficácia dos sistemas de abastecimento de água trouxe consigo problemas relacionados a ineficiência das redes. Não se afigura fácil a resolução de tais processos que culminam com perdas intermitentes de água análogas as perdas energéticas. Constituindo um grave problema sócio ambiental e económico, mas fechar um sistema de distribuição de água para averiguar os problemas e consequentemente ensaiar soluções viáveis não se afigura fácil porque estes tipos de sistemas são críticos.

Uma das melhores soluções para o combate a esse problema, devia ser a projeção da rede antes da sua implementação com estudos conducentes a eficiência da rede, isso seria o mais viável nos tempos atuais. Mas, para as redes que já se encontram implantadas nos Municípios, Cidades, Vilas e Aldeias esta solução não pode ser ensaiada, restando uma abordagem tecnológica presente na atualidade para os SAA que é a modelação dos sistemas com recurso a modelos matemáticos.

Estes recursos tecnológicos começaram a ser criados para modelar as redes de distribuição da água, mas precisavam retratar a rede real, assim Walski (1983), começou a desenvolver as primeiras técnicas de calibração para conferir aos modelos a fiabilidade necessária.

O mercado fornece uma gama de *softwares* de modelação. Khairuzzaman (2016), apresentou o modelo OPTDESIGNER como *software* de *design* de redes de distribuição de água que usavam os algoritmos genéticos, foram criados os *softwares* HidroCAD que permite o cálculo e dimensionamento de redes de distribuição de água para abastecimento público e o WaterCAD que oferecia soluções e serviços altamente diferenciados e avançados na área de engenharia e modelação hidráulica, que visavam otimizar, gerenciar e controlar a distribuição eficiente da água e todos os custos associados (Olaia, 2012).

Os *softwares* para a modelação tinham custos associados, mas o *software* EPANET 2.0 é um código aberto acessível a qualquer entidade Gestora de um SAA. Essa foi uma vantagem acrescida que galvanizou o desenvolvimento do software por vários grupos de especialistas. No EPANET 2.0 é possível importar as configurações técnicas de alguns

softwares comerciais que passaram a incorporar o EPANET 2.0 para a realização de determinados trabalhos específicos, e isso conferiu robustez ao *software* em apreço.

A robustez e fiabilidade do *software* foram certificadas pelos trabalhos académicos, publicações e livros de estudos e análises nas áreas de modelação e calibração de redes de abastecimento de água com o recurso ao *software* EPANET 2.0.

No presente trabalho de dissertação que teve como base a modelação e a calibração de um modelo representativo do Sistema de Abastecimento de Água de Cantanhede, permitiu verificar o funcionamento e a eficiência do sistema. A implementação do modelo da SAA de Cantanhede forneceu respostas sobre o funcionamento dos elementos integrantes.

Com o trabalho foi possível analisar os indicadores de eficiência do modelo estudado, analisar o funcionamento das bombas e discutir a sua eficiência.

Dos resultados obtidos para a calibração em 72 horas foi verificado que o modelo analisado conseguiu retratar a rede real com 97 % de correlação entre os dados observados e modelados. As estatísticas foram indicativas de que a calibração no Reservatório da Mira não atingiu os resultados esperados, o erro quadrático médio foi de 44%, significou que os valores observados não se ajustaram na perfeição entre o observado e modelado.

A modelação e calibração em período alargado também poderia ser explorada porque representa o SAA de Cantanhede, mas não foi o tema objetivado.

No seguimento da calibração, foi calibrado o modelo para 24 horas de operação e o resultado foi uma calibração em 99 %. Desse modo confirmou-se que o modelo não apresentava dificuldades de calibração, esse modelo representou na perfeição o Modelo da SAA de Cantanhede.

Foi possível observar que Pascoal (2018), desenvolveu um trabalho de exploração do Sistema Regional de Carvoeiro (SRC), com recurso ao modelo EPANET 2.0 ao longo de 7 dias de operação e conseguiu obter resultados da operacionalização e calibração em 100% dos troços estudados. Nisso, o modelo desenvolvido representou e simulou o sistema com segurança e fiabilidade e obteve informações conducentes à análise das características físicas do sistema. Contudo, a modelação e calibração do Sistema de Abastecimento de Água de Cantanhede obteve resultados idênticos pelos quais foi possível representar todas as características e simular com segurança e fiabilidade o SAA de Cantanhede.

Sendo que este modelo de Cantanhede conseguiu reunir um conjunto diverso de informações, tornou o trabalho motivante, o dado das características do sistema compiladas no modelo para a SAA de Cantanhede será de muita utilidade em trabalhos futuros.

Os resultados obtidos para os indicadores hidráulicos e de eficiência foram os que contribuíram para um modelo fiável do SAA de Cantanhede.

O indicador de Hidráulico relacionado com a topografia, não verificou a eficiência desejada devido ao facto de a ETA de Olhos de Fervença situar-se em uma cota mais baixa relativamente aos quatro reservatórios observados, a adução da água foi realizada com apoio de bombas. Da tabela 25, foi possível confirmar as cotas de elevação dos terrenos em função do nível médio das águas do mar, e foi certificado que o modelo EPANET 2.0 modelou as características observadas:

Tabela 25. Elevação dos terrenos (m)

Medidores	Reservatórios-Elevação (m)				
	Olhos de Fervença	Fontinha	Mira	Lemedede	Tocha
GoogleEarth	32	74	41	118	66
EPANET 2.0	25-50	50-75	25-50	75-100	50-75

As bombas, devido ao seu tempo de uso foram recalibradas no sentido de executarem o caudal necessário para a eficiência do sistema e representação das características adequadas do SAA.

Os resultados obtidos nos indicadores de eficiência refletiram o bom funcionamento da rede e foram de acordo com Pascoal (2018) e Marques & Monteiro (2001) que afirmaram que estes permitiram demonstrar o bom funcionamento de uma rede que é capaz de dar respostas às necessidades ao longo do tempo pretendido, resultado este também refletido no trabalho de Pascoal (2018).

Na tabela 26, foi possível perceber que o trabalho desenvolvido nesta dissertação referente aos indicadores de eficiência foi comparado ao trabalho desenvolvido por Pascoal (2018), que atestou que o EPANET 2.0 modelou e calibrou eficientemente o Sistema Regional de Carvoeiro. Nisso, foram observados resultados idênticos para o SAA de Cantanhede.

Tabela 26. Comparação entre SAA de Cantanhede e Carvoeiros dos indicadores de eficiência

SAA	Indicadores de eficiência			
	Caudal	Pressões	Perdas de Carga	Velocidade
Cantanhede	Bom	Bom	Bom	Bom
Carvoeiro	Bom	Bom	Bom	Bom

Bom - indicador qualitativo do desempenho dos indicadores nas redes após a modelação e calibração com recurso ao EPANET 2.0

O indicador hidráulico das bombas, carga do sistema, modelou as curvas características das bombas do sistema no processo para a operacionalização da SAA de Cantanhede, foi possível verificar que apesar da antiguidade desses componentes, responderam de forma positiva no processo de modelação e calibração. O SAA de Cantanhede recebeu duas bombas centrifugas novas em 2015, o que aumentou a eficiência da rede. A eficácia das bombas centrifugas nos esforços para a operacionalização de uma rede estão comprovadas num trabalho desenvolvido por Coutinho & Soares (2017), concluíram que o uso de bombas com rotações variáveis e centrifugas aumentam a eficiência da rede com redução dos consumos energético. Nesse trabalho foi usado o EPANET 2.0 modificado para o estudo da eficiência energética.

Em trabalhos relacionados com a variabilidade das velocidades das bombas com recurso ao *software* EPANET 2.0 modificado e o outro relacionado as estratégias para a eficiência energética em estações elevatórias de águas residuais, os autores foram unânimes em afirmar que a troca de bombas menos eficientes por mais eficientes e a variabilidade das velocidades das bombas era um recurso adequado na busca de soluções de eficiência das bombas para as redes de distribuição de água (Coutinho & Soares, 2017a; Rodrigues, 2016).

Da análise aos possíveis cenários energéticos do funcionamento das bombas de adução para Fontinha e Lemedo, foi usado o fator horário para a percepção de ganhos de poupança energética. O único cenário que funcionou com sucesso, teve um ganho de 5% de eficácia energética, esse facto mostrou que as bombas desse tipo, centrifugas e de velocidade variável, se mostravam calibradas para funcionar com eficiência na rede não necessitavam de arranjos na componente física.

5.6. Conclusão

A presente dissertação teve como base o uso de um *software* para a modelação, calibração e posterior operacionalização de um sistema de abastecimento de água. Os SAA funcionaram de um modo caótico por longos anos. Com a descoberta e implementação da modelação, vários cenários são ensaiados no desenho de uma rede de abastecimento de água.

Portanto, um dos elementos principais para a análise da modelação de uma rede de distribuição de água são os indicadores de eficiência que auxiliam na operacionalização da rede. A modelação de sistemas de abastecimento de água devido a evolução sempre crescente das necessidades dos consumidores, trouxe consigo problemas tais como as perdas de eficiência do SAA bem como inúmeros desafios desde a gestão, manutenção, planeamento e expansão.

Dessa maneira, devido a criticidade de um SAA, o mercado informático desenvolveu soluções para a verificação e planeamento da rede de uma forma virtual com a modelação computacional. Vários recursos específicos para a modelação hidráulica foram desenvolvidos por empresas de *softwares* para o alívio ao problema de planeamento das redes de água.

Contudo, a solução virtual oferecida pela modelação não influencia no funcionamento do sistema, mas faz uma previsão real dos acontecimentos dinâmicos e funciona como uma ferramenta de análise e estudo ao comportamento dos componentes para uma melhor gestão do SAA. Nisso a introdução de dados fiáveis e de qualidade nos modelos se torna importante para o sucesso da modelação em cada um dos sistemas virtuais pretendidos.

A solução encontrada para o desenvolvimento e análises desta dissertação foi o *software* de Modelação EPANET 2.0, este auxiliou na modelação, calibração, operacionalização, estudo e análise da SAA de Cantanhede. O *software* foi obtido de maneira gratuita no portal eletrónico da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da Americana.

Foram verificadas algumas limitações no processo da operacionalização do modelo, mas ao longo do processo de análise foram sanadas com o auxílio dos orientadores e técnicos da entidade gestora do SAA de Cantanhede.

Para além das dificuldades verificadas é de realçar os aspetos positivos que passaram por obtenção de conhecimento sobre o funcionamento de uma SAA e do EPANET 2.0, desde a captação até ao consumidor final, leis e regulamentos relacionados a produção da água, tarifários energéticos vigentes em Portugal e a modelação com recurso ao EPANET 2.0.

Logo, visto o processo de calibração, foi possível verificar que as combinações entre os coeficientes de carga, rugosidade e os diâmetros dos reservatórios geraram uma grande sensibilidade no sistema.

Dessa maneira, a sensibilidade verificada no modelo produzido e a sua eficiência, interligaram-se a eficiência energética da rede que esteve sempre ligada a eficiência dos indicadores hidráulicos. A simulação efetuada para o sistema mostrou o funcionamento em tempo real dos indicadores que mostraram que os parâmetros de funcionamento da rede estiveram alinhados aos dados observados e com as demais leis e regulamentos da legislação Portuguesa.

A análise energética e possível poupança foi referente aos consumos energéticos registados nos sistemas elevatórios à saída da ETA de Olhos de Fervença para os setores de Lemed e Fontinha. A entidade gestora do SAA de Cantanhede teve uma abordagem economicamente viável para o sistema no que se refere as bombas. Foram substituídas as bombas de adução de caudal para Lemed e Fontinha, por ineficiência e desgaste hidráulico. Desse modo aumentou a fiabilidade do sistema com a renovação de componentes importantes para a eficiência da rede.

Foi possível com base nos caudais, pressões, níveis, perda de carga das bombas verificar o bom funcionamento do modelo, sendo que estes parâmetros foram analisados e constituem indicadores de eficiência do sistema e estão intimamente ligados entre si na compressão e análise de um modelo matemático, sendo que a eficiência de todo o modelo significa a poupança de recursos.

O modelo EPANET 2.0 pode ser usado com toda a segurança e fiabilidade para a perceção de um SAA ou como ferramenta de controlo e apoio, pois, esta dissertação mostrou que foi possível simular o SAA de Cantanhede com um erro mínimo entre os valores observados e modelados. Pode-se afirmar que os modelos representativos e calibrados são uma ferramenta essencial na gestão, reestruturação e manutenção dos SAA, contudo, o trabalho desenvolvido nesta dissertação, permitiu dar resposta aos objetivos estabelecidos, foi possível aplicar o Modelo EPANET 2.0 ao SAA de Cantanhede, operacionalizá-lo e realizar a calibração em 99 %, o modelo resultante conseguiu representar e simular adequadamente a rede do SAA de Cantanhede, tanto que, conseguiu aglutinar toda a informação fornecida para o seu funcionamento e pode ser fonte de informação para posteriores estudos e análises do SAA de Cantanhede.

Do ponto de vista das recomendações a Entidade Gestora do SAA de Cantanhede, urge trabalhar-se com:

1. A monitorização em tempo real de todo o sistema com vista a garantir uma leitura adequada e armazenamento de dados de funcionamento do sistema, como são o caso de pressões, caudais e níveis;

2. A substituição dos equipamentos da rede que se afigurem danificados ou em mau estado de funcionamento com vista a evitar perdas de água no sistema.
3. Uso de energias renováveis para alimentar as bombas e outros serviços consumidores de energia elétrica;
4. Gestão eficiente das perdas de água através da monitoria regular do sistema e gestão dos consumos com a combinação de maior procura com maior bombeamento e o continuo trabalho de substituição de equipamentos ineficientes.

Torna-se imperioso a realização de novos estudos e levantamentos na rede de SAA de Cantanhede para a obtenção de novos dados que auxiliem na implementação de novas ferramentas de análise aos indicadores de eficiência da rede.

Referências Bibliográficas

- Alegre, A., Coelho, T. S., Almeida, M. do C., & Vieira, P. (2005). *Curso Sobre Controlo De Perdas De Água Em Sistemas De Adução E Distribuição*. Retrieved from Laboratorio Nacional de Engenharia civil website:
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ersar_controlo_de_perdas_em_sistemas_publicos_de_aducao_e_distribuicao_de_aguas_2005.pdf
- Alves, Z., Muranho, J., Albuquerque, T., & Ferreira, A. (2014). Water distribution network's modeling and calibration. A case study based on scarce inventory data. *Procedia Engineering*, 70, 31–40.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.005>
- Baptista, J. M., Almeida, M. D. C., Silva, A. C. M., Ribeiro, R., Fernando, R. M., Serafim, A., ... Cameira, M. R. (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da água. *Lisboa: Instituto Superior de Agronomia*, 201.
- Bezerra, S. (2009). *Sistema Fuzzy para Controle Piezométrico de Sistemas de Distribuição de Água Visando à Economia de Água e Energia* (Universidade Federal da Paraíba). Retrieved from
http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/teses/teses/tese_saulo.pdf
- Carvalho, J. F. de. (2014). Energia e sociedade. *Estudos Avancados*, 28(82), 25–39.
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300003>
- Chao, M., Jiahong, L., Hao, W., Kun, Z., Xiangyi, D., Zhiyong, Y., ... Xiaoran, F. (2019). *Patent No. CN109902138(A)*. China: Instituto Nacional de propriedade industrial.
- Cheung, P. B., & Souza, R. S. de. (2002). *COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO DE REDES HIDRÁULICAS*. 1–15. Retrieved from
http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A09_24.pdf
- Coelho, B., & Andrade-Campos, A. (2014). Efficiency achievement in water supply systems - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 59–84. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.010>
- Coelho, S. T. ; Loureiro, D., & Alegre, H. (2006). Modelação E Análise De Sistemas De Abastecimento De Água. *Série Guias Técnicos Nº 4*, 357.
- Coelho, S. T., Loureiro, D., & Alegre, H. (2006). *MODELAÇÃO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA*.
- Coutinho, R. S., & Soares, A. K. (2017a). *Simulação de bombas com velocidade de rotação variável no EPANET*. (2), 797–808. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017163428>
- Coutinho, R. S., & Soares, A. K. (2017b). *Simulação de bombas com velocidade de rotação variável no EPANET*. (2), 797–808. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017163428>
- Cruvinel, L. (2021). Reserva e redes de distribuição de água. Retrieved February 5, 2021, from
https://www.academia.edu/9592081/Aula_10_Reservacao_e_redes_de_distribuicao_de_agua
- Cunha, A. A. R. da. (2009). Otimização Energética em Tempo Real da Operação de Sistemas de Abastecimento de Água . Universidade de São Paulo.
- Cunha, A. P. da, Souza, L. C. de, Teles, W. P., & Soares, A. K. (2015). *CALIBRACAO DE MODELO HIDRAULICO DE REDE DE ABASTEC*.pdf. *REEC - Revista Electronica de Engenharia Civil*, 10, 36–49. Retrieved from <http://revistas.ufg.br/index.php/reec/index>
- Dias, O. (1995). Folha de S.Paulo - Escassez pode levar à guerra da água -. Retrieved December 12, 2020, from Folha de São Paulo website: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/1995/10/01/mundo/10.html>
- Dini, M., & Tabesh, M. (2014). A New Method for Simultaneous Calibration of Demand Pattern and Hazen-Williams Coefficients in Water Distribution Systems. *Water Resources Management*, 28(7), 2021–2034. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0592-4>
- ERSAR. (2019). *CARATERIZAÇÃO DO SETOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS* (Vol. 1).
- ERSAR. (2020). *CONTROLO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO* (Vol. 2).
- Feldman, M. (2009). Aspects of energy efficiency in water supply systems. *Proceedings of the 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference*, (April), 85–89. Retrieved from http://www.miya-water.com/user_files/Data_and_Research/miyas_experts_articles/08_Other_aspects_of NRW/01_Aspects_of_Energy_Efficiency_In_Water_Supply_Systems.pdf
- Folha de Quaraí. (2020). Hidrômetro – Wikipédia, a enciclopédia livre. Retrieved December 12, 2020, from Folha de Quaraí website: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrômetro>
- Gameiro, P. (2014). *Calibração Hidráulica de Modelos de Sistemas de Distribuição de Água*. Instituto Superior Tecnico de Lisboa.
- Goldman, F. E., Burcu, A., Sakarya, A., Ormsbee, L. E., Uber, J. G., & Mays, L. W. (2000). OPTIMIZATION MODELS FOR OPERATIONS. In *Water Distribution Systems* (pp. 16.1-16.19).
- Gomes, R. de J. (2011). *MODELAÇÃO MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO E*

- EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA* Universidade de Coimbra.
Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra.
- Gonçalves, C., Santos, C., Bairrinho, E., & Ferreira, H. (2012). *Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4. Avaliação Ambiental Estratégica. Relatório Ambiental.*
- Hidrômetro – Wikipédia, a enciclopédia livre. (2020). Retrieved from <https://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrômetro>
- IEA(International Energy Agency). (2016). Water Energy Nexus- Excerpt from the World Energy Outlook 2016. *Iea*, 60. <https://doi.org/10.1021/es903811p>
- INE, & PORDATA. (2020). Nascimentos e Fecundidade. PORDATA – Estatísticas, gráficos e indicadores de Municípios, Portugal e Europa. Retrieved December 12, 2020, from <https://www.pordata.pt/>
- Jorge, P., & Chaveiro, D. (2018). *Modelação e calibração hidráulica da rede de abastecimento de água de Reguengos de Monsaraz 2018* (Universidade do Algarve). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.1/12531>
- Khairuzzaman, M. Q. (2016). Retrieved December 12, 2020, from https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3544/1/Tese_Ioland_Tavares.pdf
- Laucelli, D., Berardi, L., Giustolisi, O., Vamvakieridou-Lyroudia, L. S., Kapelan, Z., Savic, D., & Barbaroand, G. (2011). Calibration of Water Distribution System Using Topological Analysis. *Water Distribution Systems Analysis 2010*, 1664–1681. [https://doi.org/10.1061/41203\(425\)147](https://doi.org/10.1061/41203(425)147)
- Lingireddy, S., & Ormsbee, L. E. (2002). Hydraulic network calibration using genetic optimization. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 19(1), 13–39. <https://doi.org/10.1080/10286600212161>
- Lousada, S., da Silva, P. S., Castanho, R. A., & Naranjo-Gómez, J. M. (2019). Modelação de sistemas de abastecimento de água. *Universidad Nacional de Colômbia, Bogotá*, 2(2), 89–98. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Luís, A., & Alves, V. (2017). *Planeamento e controlo operacional, eficiência e mediação da produtividade dos departamentos secções operacionais na firma Armindo de Freitas Carregado, Lda.* Retrieved from <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/21169>
- M. Walski, T., V. Chase, D., A. Savic, D., Grayman, W., Beckwith, S., & Koelle, E. (2003). Advanced Water Distribution Modeling and Management. *Methods*, 800.
- Marques, J. A., & Sousa, J. J. de O. (2011). Hidráulica urbana - sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-1610-0>
- Marques, M. B. (2000). Patentes farmacêuticas e acessibilidade aos medicamentos no Brasil. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 7(1), 07–21. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702000000200001>
- Marques, R. C., & Monteiro, A. J. (2001). Application of performance indicators in water utilities management - A case-study in Portugal. *Water Science and Technology*, 44(2–3), 95–102. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0758>
- Martínez-Austria, P. F., & Vargas-Hidalgo, A. (2016). Adaptive dynamic model for urban water management. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(4), 139–154. Retrieved from <http://revistatyc.a.org.mx/ojs/index.php/tyca/issueCms/viewIssue/381/383>
- Martinho, S. (2013). *Perdas em Sistemas de abastecimento de água - INOVA (Cantanhede)* (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra). Retrieved from https://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Samuel-Martinho.pdf
- Martinho, S. D. O. (2013). *Perdas em Sistemas de abastecimento de água - INOVA (Cantanhede)* (Universidade de Coimbra). Retrieved from https://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Samuel-Martinho.pdf
- Newman, B. (2010). Água. *Dancing Times*, 101(1202), 69. <https://doi.org/10.17851/0103-5878.17.17.43-44>
- Oficial, J., Europeias, C., Do, C. E., Europeu, P., Conselho, D. O., Europeia, C., ... Europeu, P. (2000). *Wfd*, 2003/40/Ce. (7).
- Olaia, A. (2012). *Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água através de Modelação Hidráulica* (Universidade Nova de Lisboa). Retrieved from https://run.unl.pt/bitstream/10362/8228/1/Olaia_2012.pdf
- Ormsbee, L. E. (1989). Implicit Network Calibration. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115(2), 243–257. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(1989\)115:2\(243\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(1989)115:2(243))
- Ormsbee, L. E., & Lingireddy, S. (1997). Calibrating hydraulic network models: To a novice, careful calibration of a hydraulic network model may be as daunting a task as climbing Mt. Everest. *Journal / American Water Works Association*, 89(2), 42–50. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1997.tb08177.x>

- Ormsbee, L. E., & Walski, T. M. (1989). Identifying Efficient Pump Combinations. *Journal - American Water Works Association*, 81(1), 30–34. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1989.tb03319.x>
- Pascoal, M. T. (2018). Aplicação do EPANET ao Sistema Regional do Carvoeiro e análise do comportamento de indicadores de eficiência. In *Universidade de Aveiro*. Aveiro.
- PEAASAR. (2007). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais* (1st ed.; Ministerio do Ambiente do Ordenamento do Terretorio e do desenvolvimento Regional, Ed.). Lisboa: Grafica Maiadouro.
- Pinto, T. M. V. (2010). *Modelação e calibração de um sistema de abastecimento de água*.
- Pipe. (n.d.). *KYPipe / Pipe Network Analysis Software*. Retrieved from <https://kypipe.com/>
- Raquel, A., & Gomes, M. (2017). *Detection and Assessment of Leakage and Losses in Water*. Universidade de Coimbra.
- Rodrigues, E. F. P. (2016). *ESTRATÉGIAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUAS RESIDUAIS* (Universidade do Porto). Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/89236/2/122862.pdf>
- Rossmann, L. A. (2005). *EPANET 2 - Manual do utilizador* (D. Loureiro & S. T. Coelho, Eds.). Retrieved from http://www-ext.lnec.pt/projects2013/saa/pdf/Manual_EPANET_2_Portugues.pdf
- Santos, A., Oliveira, F., Soares, G., Jorge, C., Lima, L., Viegas, M., ... Quaresma, P. (2018). *Uso eficiente de energia nos serviços de águas*. Retrieved from <http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/gt24-eficiencia-energetica.pdf>
- Savic, D. A., Kapelan, Z. S., & Jonkergouw, P. M. R. (2009). Quo vadis water distribution model calibration? *Urban Water Journal*, 6(1), 3–22. <https://doi.org/10.1080/15730620802613380>
- Silva, P. A. soares. (2016). *Modelação e Calibração de um Sistema de Abastecimento de Água Sistema adutor de Câmara de Lobos* (Universidade da Madeira). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.13/1540>
- SlidePlayer. (n.d.). sistema de abastecimento de água – Pesquisa Google. Retrieved December 21, 2020, from https://www.google.com/search?q=sistema+de+abastecimento+de+água&sxsrf=ALeKk02pQmdKmNXFZC_Cdnsg7nCYvoCGtA:1608532833384&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKewiPnZLhu97tAhVE8uAKHfiSCLUQ_AUoAXoECAUQAw&biw=1440&bih=789#imgrc=O1InR88fydRLM
- SOARES, A., & Reis, L. (2004). Calibração de Modelos de Redes de Distribuição de Água Utilizando Modelo de Simulação Hidráulica Dirigido pela Pressão (MSHDP) e Método Híbrido AG-Simplex. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 9(2), 85–96. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v9n2.p85-96>
- Soares, J. (2015). *Análise Numérica e Metodologias de Calibração de Sistemas de Abastecimento de Água* (Universidade de Aveiro). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/16552>
- Sobrinho, R. A., & Borja, P. C. (2016). Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: Um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21(4), 783–795. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016116037>
- Stufflebeam, D. (2001). Evaluation models. *New Directions for Evaluation*, 2001(89), 7–98. <https://doi.org/10.1002/ev.3>
- Takahashi, S., Saldarriaga, J. G., Vega, M. C., & Hernández, F. (2010). Water distribution system model calibration under uncertainty environments. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10(1), 31–38. <https://doi.org/10.2166/ws.2010.906>
- Tavares, A. M. D. R. (2012). *Análise Energética e Optimização em Sistemas de Abastecimento de Água* (Universidade de Aveiro). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/9934>
- Vieira, L. V. A. (2013). *Aplicação do modelo de simulação EPANET 2.0 ao estudo das pressões e cloro residual do sistema de abastecimento de água de Angra do Heroísmo* (Universidade dos Açores). Retrieved from <http://repositorio.uac.pt/handle/10400.3/2799>
- Vilas-Boas, P. R., Manuel, D., & Figueiredo, M. P. (2008). *Modelação de uma rede de distribuição de Agua* (Universidade do Porto). Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58016/1/000129459.pdf>
- Vivas, E., Leite, P., Valente, L., Tentugal - Valente, J., Figueiredo, M. P., Aguilar, N., & Ferreira, R. (2014). Estudos de otimização energética em estações elevatórias. uma metodologia para sua seleção. *12º Congresso Da Água*, (1), 15.
- Walski, T.M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., & Koelle, E. (2003). Advanced Water Distribution Modeling and Management. In *Methods*. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2012.1974.1978>
- Walski, Thomas M. (1983). Technique for Calibrating Network Models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 109(4), 360–372. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(1983\)109:4\(360\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(1983)109:4(360))

- Walski, Thomas M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., & Beckwith, S. (2003). Advanced water Distribution Modeling and Management. *Mikrobiologiia*, 19(5), 418–425. Retrieved from http://ecommons.udayton.edu/cee_fac_pubhttp://ecommons.udayton.edu/cee_fac_pub/18
- Water Research Centre (Great, Association, W. A., & Group, W. A. A. (Great B. W. M. R. W. (1989). *Network Analysis: A Code of Practice*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=GhZvuWAAAJ>
- Wren, S. (2003). دول آسيا الإسلامية بين المطرقة والسندان في خلاف الشرق الأوسط أخبار. ...Url @ Www.Google.Com. Retrieved from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwiW1IDZ7_7OAhUJq48KHQDjC0kQFggoMAE&url=http%3A%2F%2Frepository.rsu.edu.sd%3A8080%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F521%2F1%2F1.%2520AN%2520INTRODUCTION%2520TO%2520ENGLISH%2520STYLIS
- Xiaofei, G. (2019). *Patent No. CN109932009(A)*. Cangzou, China.
- Yue, Z., & Hua, X. (2019). *Patent No. CN109871598*. China.

Glossario da ERSAR, acessado em julho 2020, disponível:

http://www.ersar.pt/pt/setor/glossario#Default=%7B%22k%22%3A%22baixa%22%2C%22s%22%3A0%2C%22m%22%3A%22entidade_gestora_de_sistema_de_abastecimento_p%3BAblico_em_alta%22%7D

Brasil escola, acessado em julho, 2020, disponível: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>,

Energia que fala, acessado em julho, 2020, disponível: <https://www.energiaquefalacomvoce.com.br/energia-no-mundo/>

PORDATA, acessado em outubro, 2020, disponível:

[https://www.pordata.pt/Portugal/Produto+Interno+Bruto+na+%C3%B3ptica+da+produ%C3%A7%C3%A3o+\(base+2016\)-2280](https://www.pordata.pt/Portugal/Produto+Interno+Bruto+na+%C3%B3ptica+da+produ%C3%A7%C3%A3o+(base+2016)-2280)

PORDATA, acessado em outubro, 2020, disponível:

[https://www.pordata.pt/Portugal/Abastecimento+de+%c3%a1gua+%c3%a1gua+captada++%c3%a1gua+tratada+e+%c3%a1gua+distribu%3%adda+consumida+\(1991+2006\)-1088](https://www.pordata.pt/Portugal/Abastecimento+de+%c3%a1gua+%c3%a1gua+captada++%c3%a1gua+tratada+e+%c3%a1gua+distribu%3%adda+consumida+(1991+2006)-1088)

Matriz Energética, acessado em outubro, 2020, disponível:

https://www.google.com/search?q=matriz+energetica+atual&rlz=1C5CHFA_enPT885PT885&sxsrf=ALeKk01gjjR2HWX9T8FhBgJtohtarBy7hQ:1609291761922&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiqorz-xvTtAhUnAWMBHeswAw4Q_AUoAXoECAQQAaw&biw=1440&bih=732#imgrc=I2IOFTzCVptGLM

Anexo I – Dados/Bomba para Lemedo

Folha de dados



Nº da posição do cliente: 4.2.1.1.1.1G4N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
Nº da pos.: 300
Data: 16-03-2015
Página: 11

Etanorm RM 200-500

Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1

Dados de funcionamento

Caudal pretendido	460,00 m³/h	Gama de Caudal	460,25 m³/h
Altura manométrica pretendida	94,00 m	Altura total desenvolvida	94,01 m
Fluido bombeado	Água Água limpa Não contendo substâncias químicas e mecânicas que afectem os materiais	Rendimento	77,9 %
Temperatura ambiente	20,0 °C	Potência absorvida	151,08 kW
Temperatura	20,0 °C	Velocidade de rotação da bomba	1491 rpm
Densidade do fluido	998 kg/m³	NPSH requerido	3,53 m
Viscosidade	1,00 mm²/s	Pressão de funcionamento permíssivel	10,00 bar.r
Pressão máxima de aspiração	0,00 bar.r	Pressão de compressão	9,20 bar.r
Altura estática	85,10 m	Caudal mín. permitido para funcionamento contínuo estável	191,89 m³/h
Caudal mássico	127,59 kg/s	Fluxo de massa mínima permitida para uma operação contínua estável	53,20 kg/s
Potência máx. na curva	185,76 kW	Altura de corte	98,85 m
		Caudal mássico máx.	180,19 kg/s
			Nenhum; tolerâncias segundo ISSO 9906 Classe 3B; abaixo 10 kW de acordo com o parágrafo 4.4.2

Design

Bomba standard	EN 733	Código de material	Q1BEGG
Design	Montado na base	Esquema do sistema de selagem	A Empanque mecânico de simples efeito (A tampa do corpo)
Tipo de instalação	Horizontal	É pressuposto que o fluido não contenha sólidos!	
Diâmetro nominal de aspiração	DN 250	Desenho da câmara de selagem	Câmara de vedação cónica (tampa A)
Pressão nominal de aspiração	PN 10	Protecção de contacto	com
Posição da aspiração	axial	Anel de desgaste	Anel de desgaste do corpo
Flange de aspiração com furações segundo norma	EN 1092-2	Diâmetro do impulsor	510,0 mm
Diâmetro nominal de compressão	DN 200	Sentido de rotação do motor	No sentido dos ponteiros do relógio
Pressão nominal de compressão	PN 10	Construção da caixa dos rolamentos	Standard (normal)
Posição da flange de compressão	máx (0°/360°)	Tamanho da caixa dos rolamentos	WE65
Furação da flange de descarga conforme standard	EN 1092-2	Vedante dos rolamentos	Folga plana
Vedante do veio	empanque mecânico de simples efeito	Tipo de rolamento	Rolamentos anti-fricção
Fabricante	KSB	Tipo de lubrificação	Massa
Tipo	4EB	Cor	Azul ultramarino (RAL5002) azul-KSB

Folha de dados



N° da posição do cliente: 4.2.1.1.1.1G4N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
N° da pos.: 300
Data: 16-03-2015
Página: 12

Etanorm RM 200-500

Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1

Motor, acessórios

Fabricante	Flender	Frequência	50 Hz
Tipo de acoplamento	Eupex N	Tensão nominal	400 V
Tamanho nominal	225	Potência P2	200,00 kW
Tipo de protecção do acoplamento	Frágil, no que diz respeito a impactos (ZN79)	Reserva disponível	32,38 %
Tamanho da protecção	B254	Corrente nominal	340,0 A
Material da protecção	Aço galvanizado ST TZN	Taxa da corrente de arranque	7,4
Tipo de base	Base para Etanorm R	Classe de isolamento	F conforme IEC 34-1
Tamanho da base	E7	Protecção do motor	IP55
Tipo de motor	Motor eléctrico	Cos phi a carga 4/4	0,88
Unidade mecânica standard	IEC	Rendimento do motor a carga 4/4	96,0 %
Modelo (fabricante)	Siemens	Sensor de temperatura	3 sensores PTC
Motor fornecido por	Motor standard fornecido pela KSB - montado pela KSB	Posição da caixa de terminais	0° (topo)
Tipo de constr. do motor	B3	Enrolamento do motor	400 / 690 V
Tamanho do motor	315L	Número de pólos	4
Classe de rendimento	Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1	Modo de ligação	Delta
Velocidade do motor	1491 rpm	Método de refrigeração do motor	Arrefecimento a ar
		Material do motor	Ferro fundido cinzento GG / Ferro fundido
		Nível de ruído do motor	73 dBa

Materiais M

Notas		Impulsor (230)	Bronze CC480K-GS
critério geral para uma análise da água: pH >= 7; conteúdo de cloro (Cl) <=250 mg/kg. Cloreto (Cl2) <=0.6 mg/kg.		Lanterna (330)	Ferro fundido EN-GJL-250
Amoníaco (NH4+) <= 2 mg/kg, sem H2S; Cloreto (Cl2) <=0.6 mg/kg.		Junta anelar (411)	Prato de selagem em DPAF isento de amianto
Voluta (102)	Ferro fundido EN-GJL-250	Anel de desgaste do corpo (502.1)	Bronze CC495K-GS
Tampa do corpo (161)	Ferro fundido EN-GJL-250	Anel de desgaste do corpo (502.2)	Bronze CC495K-GS
Veio (210)	Aço temperado C45+N		

Curva de funcionameno

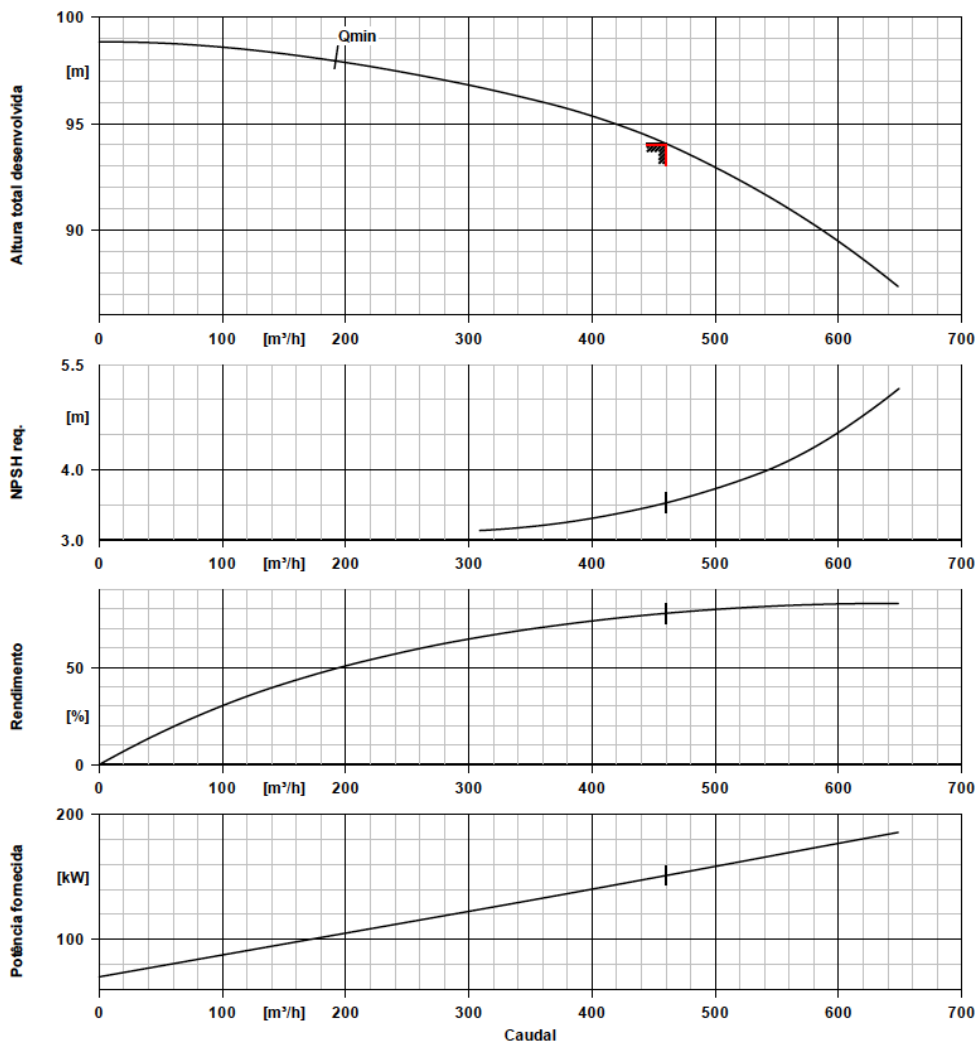


Nº da posição do cliente: 4.2.1.1.1G4N
 Encomenda datada: 16-03-2015
 Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
 Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
 Nº da pos.: 300
 Data: 16-03-2015
 Página: 13

Etanorm RM 200-500
 Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1



Dados da curva

Velocidade de rotação	1491 rpm	Rendimento	77,9 %
Densidade do fluido	998 kg/m³	Potência absorvida	151,08 kW
Viscosidade	1,00 mm²/s	NPSH requerido	3,53 m
Gama de Caudal	460,25 m³/h	Número da curva	K34634
Caudal pretendido	460,00 m³/h	Diâmetro efectivo do impulsor	510,0 mm
Altura total desenvolvida	94,01 m	Norma de aceitação	Nenhum; tolerâncias segundo ISO 9906 Classe 3B; abaixo 10 kW de acordo com o parágrafo 4.4.2
Altura manométrica pretendida	94,00 m		

Atravancamentos

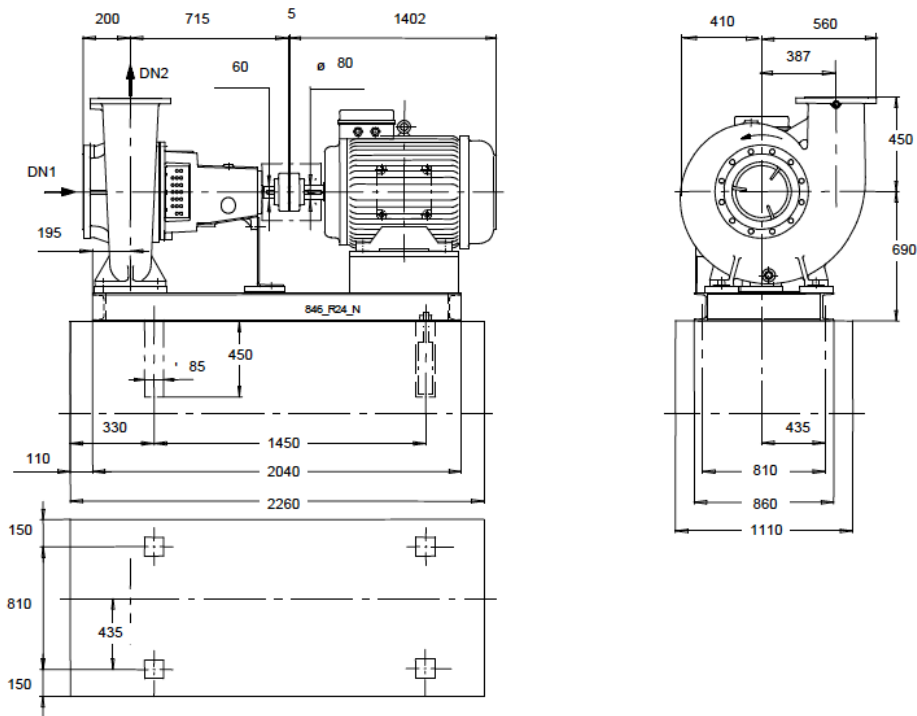


Nº da posição do cliente: 4.2.1.1.1G4N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
Nº da pos.: 300
Data: 16-03-2015
Página: 14

Etanorm RM 200-500
Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1



Desenho não está à escala

Dimensões em mm

Atravancamentos



N° da posição do cliente: 4.2.1.1.1.1G4N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
N° da pos.: 300
Data: 16-03-2015
Página: 15

Etanorm RM 200-500
Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1

Motor

Fabricante do motor	Siemens
Tamanho do motor	315L
Potência do motor	200,00 kW
Número de pólos	4
Velocidade de rotação	1491 rpm
Posição da caixa de terminais	0° (topo)

Visto de frente para o bocal de aspiração

Ligações

Tamanho nominal da aspiração DN1	DN 250 / EN 1092-2
Dimensão nominal da descarga DN2	DN 200 / EN 1092-2
Pressão nominal na aspiração	PN 10
Pressão de descarga	PN 10

Base

Design	Base para Etanorm R
Tamanho	E7
Material	Aço ST
Chassi com drenagem de fugas (8B)	Rp1, Sem
Chumadouros	M20x400 (Não nas condições de entrega)

Acoplamento

Fabricante do acoplamento	Flender
Tipo de acoplamento	Eupex N
Tamanho do acoplamento	225
Espaçador	0,0 mm

Peso Líquido

Bomba	566 kg
Base	343 kg
Acoplamento	27 kg
Protecção do acoplamento	3 kg
Motor	1190 kg
Total	2129 kg

Ligue as tubagens sem tensões ou esforços!

Tolerâncias dimensionais para altura do veio : DIN 747
sem tolerâncias, tolerâncias médias de acordo com: ISO 2768-m
ligações para bombas : EN 735
tolerâncias - partes soldadas: ISO 13920-B
tolerâncias - peças em ferro fundido: ISO 8062-CT9

Dimensões

Dimensões das
Dimensões sem
Dimensões sem

Para ligações auxiliares ver desenho anexo

Desenho de ligações

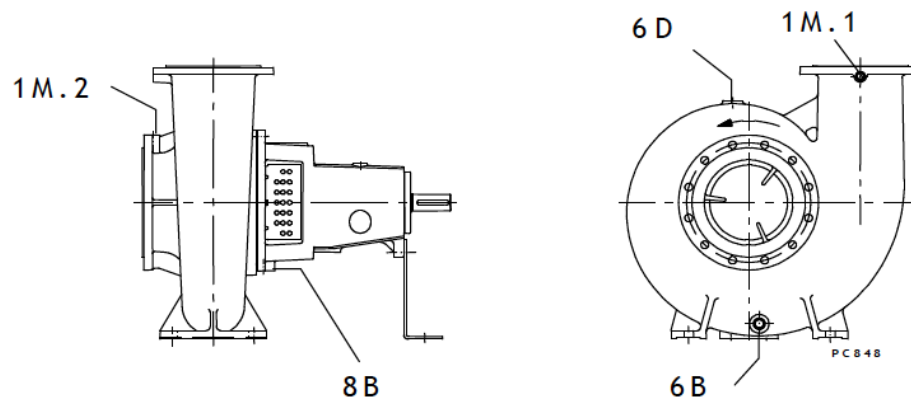


N° da posição do cliente: 4.2.1.1.1G4N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
N° da pos.: 300
Data: 16-03-2015
Página: 16

Etanorm RM 200-500
Corpo da voluta com desmontagem posterior

Versão nº: 1



Ligações

1M.1 Ligação do manómetro de pressão	G 1/2	Furada e tapada
1M.2 Ligação do manómetro de pressão	G 1/2	Furada e tapada
6B Purga do fluido bombeado	G 3/4	Furada e tapada
6D Fluido de bombagem - Enchimento/ Ventilação	G 3/4	Furada e tapada
8B Dreno de fugas	G 3/4	Furada

Anexo II – Dados/Bomba para Fontinha

Folha de dados



N° da posição do cliente: 4.2.1.1.3.1G8N
 Encomenda datada: 16-03-2015
 Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
 Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
 N° da pos.: 500
 Data: 16-03-2015
 Página: 22

ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B
 Bomba centrífuga de baixa pressão Etanorm

Versão nº: 1

Dados de funcionamento

Caudal pretendido	174,00 m³/h	Gama de Caudal	174,01 m³/h
Altura manométrica pretendida	89,00 m	Altura total desenvolvida	89,00 m
Fluido bombeado	Água Água limpa Não contendo substâncias químicas e mecânicas que afectem os materiais	Rendimento	80,1 %
Temperatura ambiente	20,0 °C	MEI (Coeficiente de eficiência mínima)	≥ 0,70
Temperatura	20,0 °C	Potência absorvida	52,54 kW
Densidade do fluido	998 kg/m³	Velocidade de rotação da bomba	2982 rpm
Viscosidade	1,00 mm²/s	NPSH requerido	5,17 m
Pressão máxima de aspiração	0,00 bar.r	Pressão de funcionamento permissível	16,00 bar.r
Caudal mássico	48,24 kg/s	Pressão de compressão	8,71 bar.r
Potência máx. na curva	65,21 kW	Fluxo de massa mínima permitida para uma operação contínua estável	8,64 kg/s
Caudal mín. permitido para funcionamento contínuo estável	31,17 m³/h	Caudal mássico máx. Design	73,84 kg/s
Altura de corte	97,69 m	Sistema simples 1 x 100 % Nenhum; tolerâncias conf. à ISO 9906 classe 3B; abaixo 10 kW de acordo com parágrafo 4.4.2	

Design

Bomba standard	EN 733	Código do vedante	11
Design	Montado na base	Esquema do sistema de selagem	A Empanque mecânico de simples efeito (A tampa do corpo)
Tipo de instalação	Horizontal	É pressuposto que o fluido não contenha sólidos!	
Diâmetro nominal de aspiração	DN 100	Desenho da câmara de selagem	Câmara de vedação cônica (tampa A)
Pressão nominal de aspiração	PN 16	Protecção de contacto	com
Posição da aspiração	axial	Anel de desgaste	Anel de desgaste do corpo
Dimensões da flange de aspiração de acordo com a norma	EN1092-2	Diâmetro do impulsor	256,0 mm
Flange de aspiração com furações segundo norma	EN1092-2	Dimensão da passagem livre	15,8 mm
Diâmetro nominal de compressão	DN 80	Sentido de rotação do motor	No sentido dos ponteiros do relógio
Pressão nominal de compressão	PN 16	Montagem da bomba sem silicone	Sim
Posição da flange de compressão	máx (0°/360°)	Construção da caixa dos rolamentos	Solução padrão para água
Dimensão da flange de descarga conforme standard.	EN1092-2	Tamanho da caixa dos rolamentos	35
Furação da flange de descarga conforme standard	EN1092-2	Vedante dos rolamentos	V-Ring
Vedante do veio	empanque mecânico de simples efeito	Tipo de rolamento	Rolamentos anti-fricção
Fabricante	KSB	Tipo de lubrificação	Massa
Tipo	1	Cor	Azul ultramarino (RAL5002)
Código de material	BQ1EGG-WA		azul-KSB

Folha de dados



N° da posição do cliente: 4.2.1.1.3.1G8N
 Encomenda datada: 16-03-2015
 Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
 Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
 N° da pos.: 500
 Data: 16-03-2015
 Página: 23

ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B
 Bomba centrífuga de baixa pressão Etanorm

Versão nº: 1

Motor, acessórios

Fabricante	Flender	Frequência	50 Hz
Tipo de acoplamento	Eupex N	Tensão nominal	400 V
Tamanho nominal	160	Potência P2	75,00 kW
Tipo de protecção do acoplamento	Frágil, no que diz respeito a impactos (ZN79)	Reserva disponível	42,74 %
Tamanho da protecção	B189	Corrente nominal	128,0 A
Material da protecção	Aço galvanizado ST TZN	Taxa da corrente de arranque	6,8
Tipo de base	viga-U/ placa dobrada	Classe de isolamento	F conforme IEC 34-1
Tamanho da base	11B	Protecção do motor	IP55
Tipo de motor	Motor eléctrico	Cos phi a carga 4/4	0,89
Unidade mecânica standard	IEC	Rendimento do motor a carga 4/4	94,7 %
Modelo (fabricante)	Escolha KSB	Sensor de temperatura	3 sensores PTC
Motor fornecido por	Motor standard fornecido pela KSB - montado pela KSB	Posição da caixa de terminais	0° (topo) Visto de frente para o bocal de aspiração
Tipo de constr. do motor	B3	Enrolamento do motor	400 / 690 V
Tamanho do motor	280S	Número de pólos	2
Classe de rendimento	Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1	Modo de ligação	Delta
Velocidade do motor	2982 rpm	Método de refrigeração do motor	Arrefecimento a ar
		Material do motor	Ferro fundido cinzento GG / Ferro fundido
		Nível de ruído do motor	74 dBa

Materiais GB

pista 1

pista 2

critério geral para uma análise da água: pH >= 7; conteúdo de cloro (Cl) <= 250 mg/kg. Cloreto (Cl2) <= 0.6 mg/kg. Amoníaco (NH4+) <= 2 mg/kg, sem H2S; Cloreto (Cl2) <= 0.6 mg/kg.

Voluta (102)	Ferro fundido EN-GJL-250/A48CL35B
Tampa do corpo (161)	Ferro fundido EN-GJL-250/A48CL35B
Veio (210)	Aço temperado C45+N
Impulsor (230)	Bronze CC480K-GS / B30 C90700
Lanterna (330)	Ferro fundido EN-GJL-250/A48CL35B

Junta plana (400)	Prato de selagem em DPAF isento de amianto
Anel de desgaste do corpo (502.1)	Ferro fundido cinzento GG / Ferro fundido
Anel de desgaste do corpo (502.2)	Ferro fundido cinzento GG / Ferro fundido
Camisa do veio (523)	Aço CrNiMo
Camisa de protecção do veio (524)	Sem
rebite (902)	Aço 8.8
Ligação roscada (903)	Aço ST
Porca (920.01)	8+A2A/ 8+B633 SC1 TP3
Porca (920.95)	Aço CrNiMo A4 / AISI 316

Curva de funcionamento

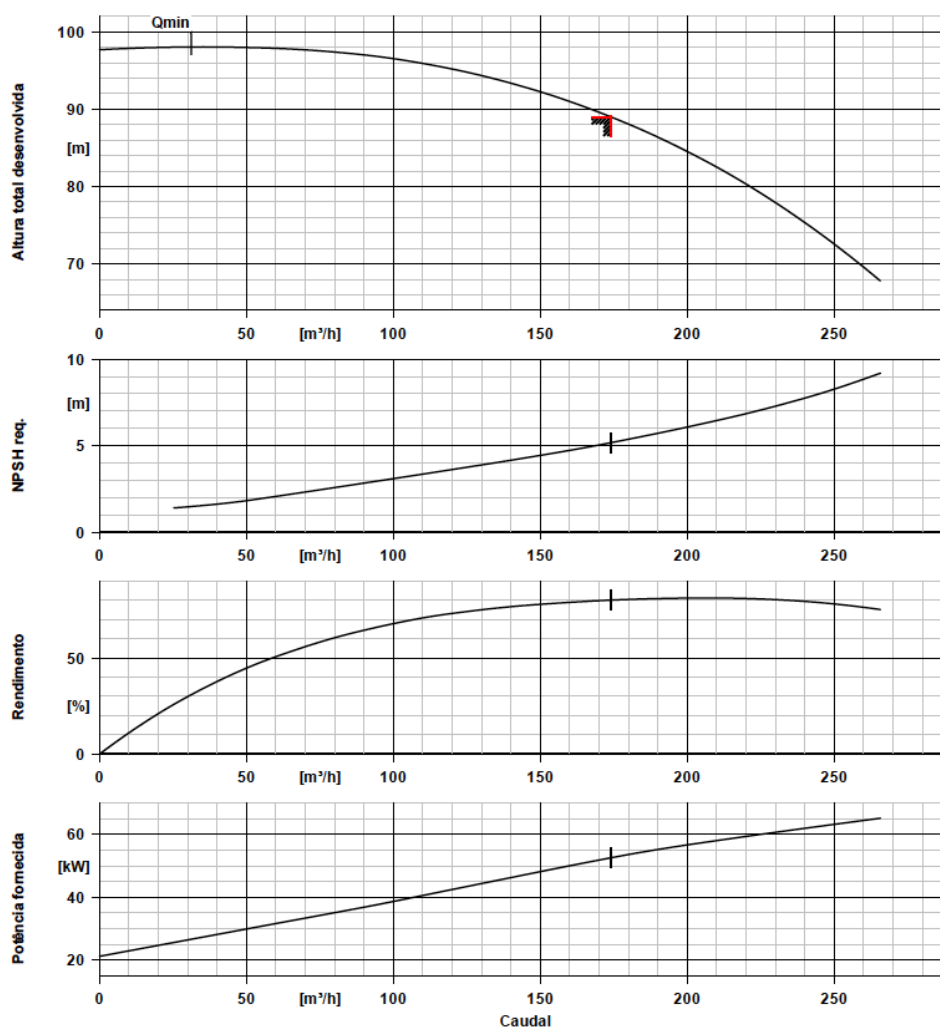


N° da posição do cliente: 4.2.1.1.3.1G8N
 Encomenda datada: 16-03-2015
 Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
 Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
 N° da pos.: 500
 Data: 16-03-2015
 Página: 24

ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B
 Bomba centrífuga de baixa pressão Etanorm

Versão nº: 1



Dados da curva

Velocidade de rotação	2982 rpm	Rendimento	80,1 %
Densidade do fluido	998 kg/m^3	MEI (Coeficiente de eficiência mínima)	$\geq 0,70$
Viscosidade	1,00 mm^2/s	Potência absorvida	52,54 kW
Gama de Caudal	174,01 m^3/h	NPSH requerido	5,17 m
Caudal pretendido	174,00 m^3/h	Número da curva	K1311.452/42
Altura total desenvolvida	89,00 m	Diâmetro efectivo do impulsor	256,0 mm
Altura manométrica pretendida	89,00 m		

Atravancamentos

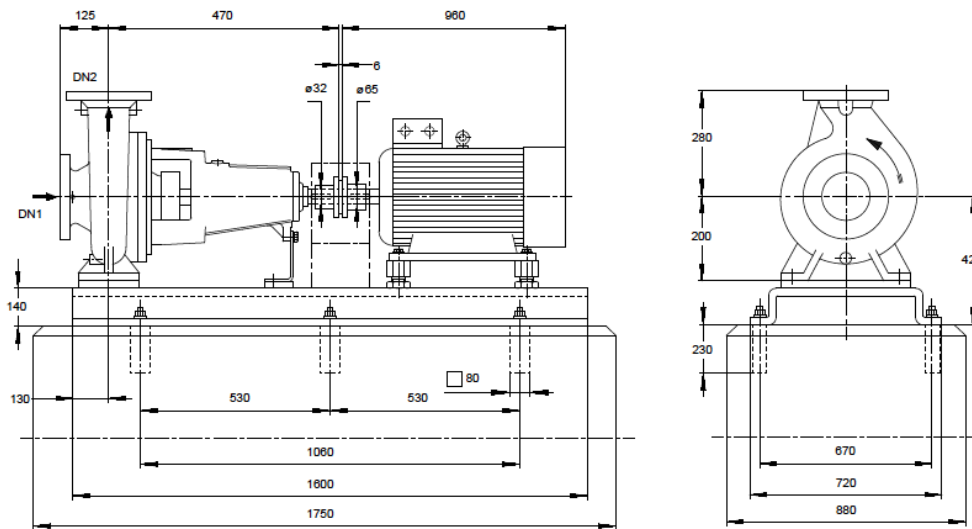


N° da posição do cliente: 4.2.1.1.3.1G8N
 Encomenda datada: 16-03-2015
 Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
 Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
 N° da pos.: 500
 Data: 16-03-2015
 Página: 25

ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B
 Bomba centrífuga de baixa pressão Etanorm

Versão n°: 1



Desenho não está à escala

Dimensões em mm

Motor

Fabricante do motor	Escolha KSB
Tamanho do motor	280S
Potência do motor	75,00 kW
Número de pólos	2
Velocidade de rotação	2982 rpm
Posição da caixa de terminais	0° (topo)
	Visto de frente para o bocal de aspiração

Ligações

Tamanho nominal da aspiração DN1	DN 100 / EN1092-2
Dimensão nominal da descarga DN2	DN 80 / EN1092-2
Pressão nominal na aspiração	PN 16
Pressão de descarga	PN 16

Base

Design	viga-U/ placa dobrada
Tamanho	11B
Material	Aço ST
Chassi com drenagem de fugas (8B)	Rp1, Sem
Chumadouros	M20x250 (Não nas condições de entrega)

Acoplamento

Fabricante do acoplamento	Flender
Tipo de acoplamento	Eupex N
Tamanho do acoplamento	160
Espaçador	0,0 mm

Peso Líquido

Bomba	88 kg
Base	118 kg
Acoplamento	10 kg
Protecção do acoplamento	2 kg
Motor	510 kg
Total	728 kg

Ligue as tubagens sem tensões ou esforços!

Para ligações auxiliares ver desenho anexo

Desenho de ligações

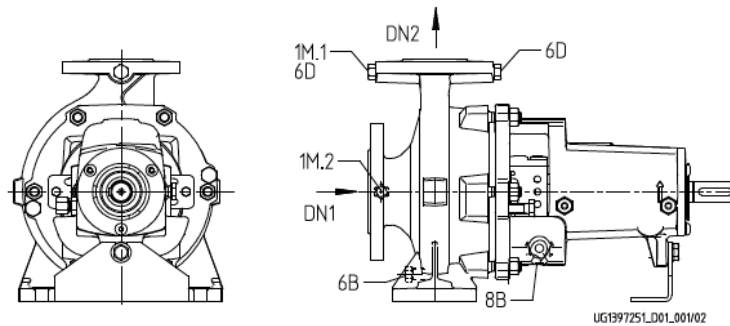


N° da posição do cliente: 4.2.1.1.3.1G8N
Encomenda datada: 16-03-2015
Doc no.: 5236 - CENTRAL DE FERVENÇA
Quantidade: 1

Numero: ES 3507646
N° da pos.: 500
Data: 16-03-2015
Página: 26

ETN 100-080-250 GB AA11GD307502B
Bomba centrífuga de baixa pressão Etanorm

Versão nº: 1



Ligações

Variante de revestimento da bomba		XX36
6B Purga do fluido bombeado	Rc 3/8	Furada e tapada
6D Fluido de bombagem - Enchimento/ Ventilação		Não executada
8B Dreno de fugas	G 1/2	Furada
1M.1 / 6D Medidor de pressão ou de enchimento / conexão de ventilação	Rc 3/8	Furada e tapada
1M.2 Ligação do manómetro de pressão		Não executada

Apêndice A - Características dos Reservatórios do Município de Cantanhede

Tabela 27. Características dos tanques e reservatórios do Município de Cantanhede

Reservatório	Nr de Células	Volume de Água (m ³)	Diâmetro equivalente (m)
ETA	2	800	21,7
R_Mira	1	157	7,07
R_Tocha	1	500	9,19
R_Lemedede	3	2300	29,49
R_Fontinha	1	1200	14,2
R_Praia da Tocha	1	100	7,67
R_Vilamar	1	450	10,00
R_Covões	1	450	9,14
R_Central de Cantanhede	1	1500	22,85
R_Povoa da Lomba	1	100	7,16
R_Cordinhã	1	450	9,44
R_Sete Fontes	2	1100	20,78
R_Alto do Murtede	1	1100	20,14
R_Enxofães	1	300	11,22
R_Sepins	1	300	11,61
R_Bollho	1	300	11,37
R_Cantanhede	1	200	9,17
R_Arrôtas	1	100	
R_São Gião	1	100	8,87
R_Fornos	1	150	8,53
R_Portunhos	1	100	7,28
R_Ançã	2	400	18,5

Apêndice B – Gráficos de Verificação da calibração dos níveis e caudais em 24 horas de operação do SAA de Cantanhede

1. Fontinha

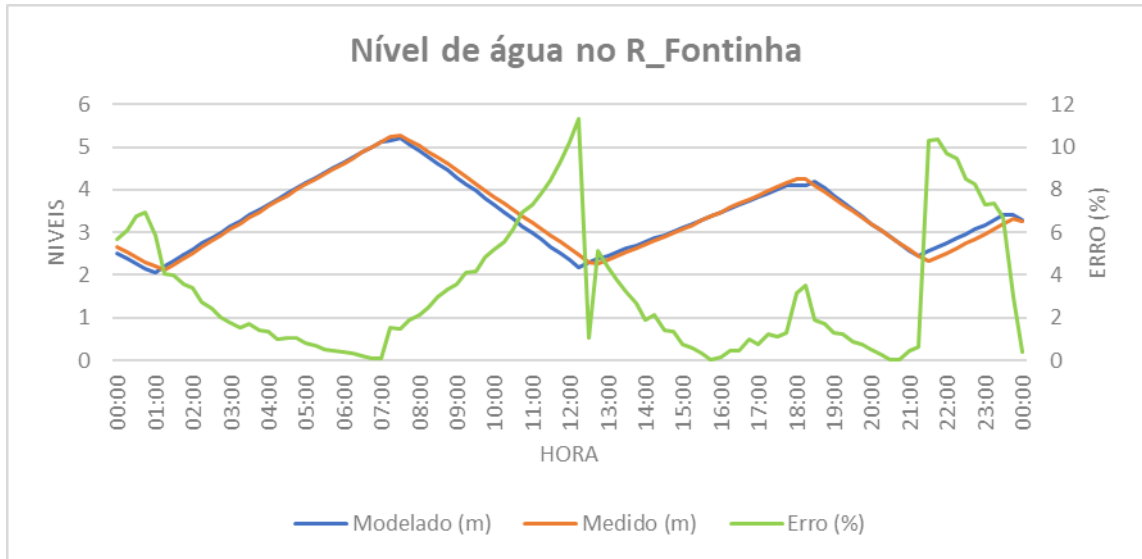


Figura 77- Variação do nível (m) da água no reservatório da Fontinha em 24 horas.

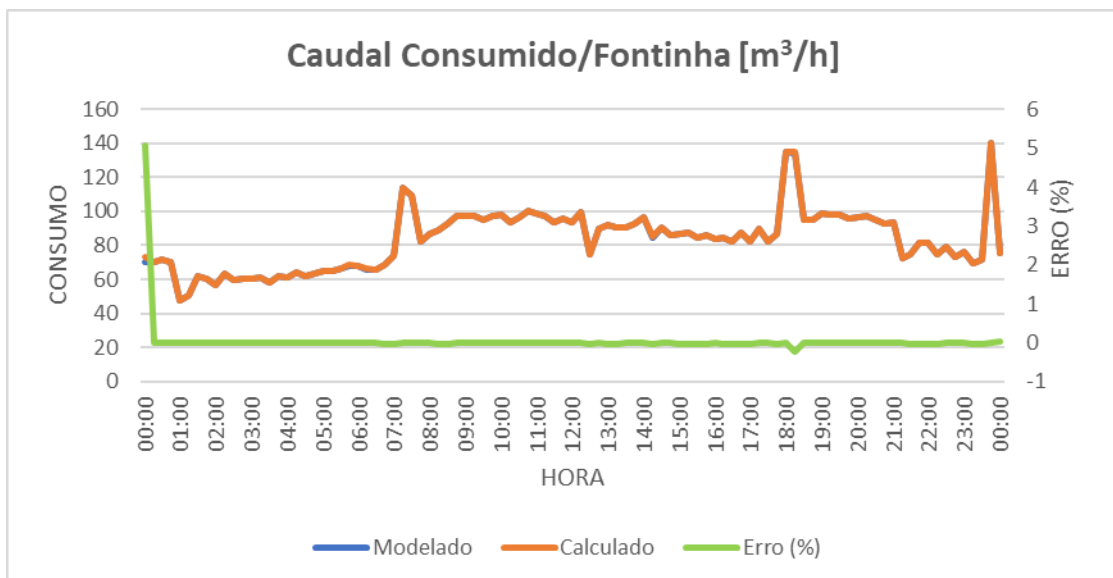


Figura 78. Variação do caudal (m³/h) no ponto de consumo do setor da Fontinha.

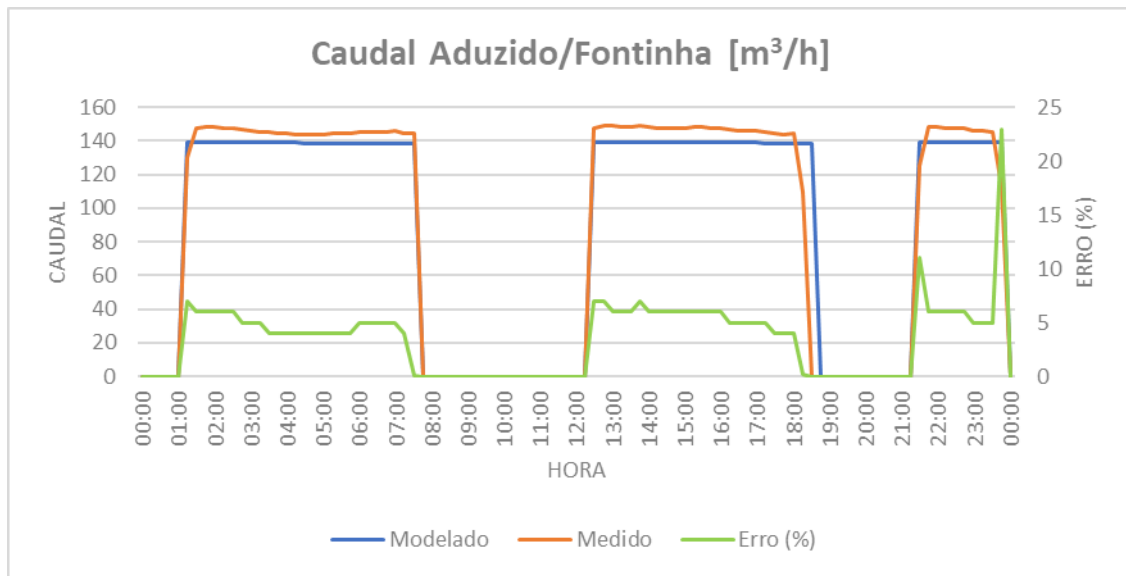


Figura 79. Variação do caudal (m³/h) a saída do reservatório da Fontinha.

2. Lemedede

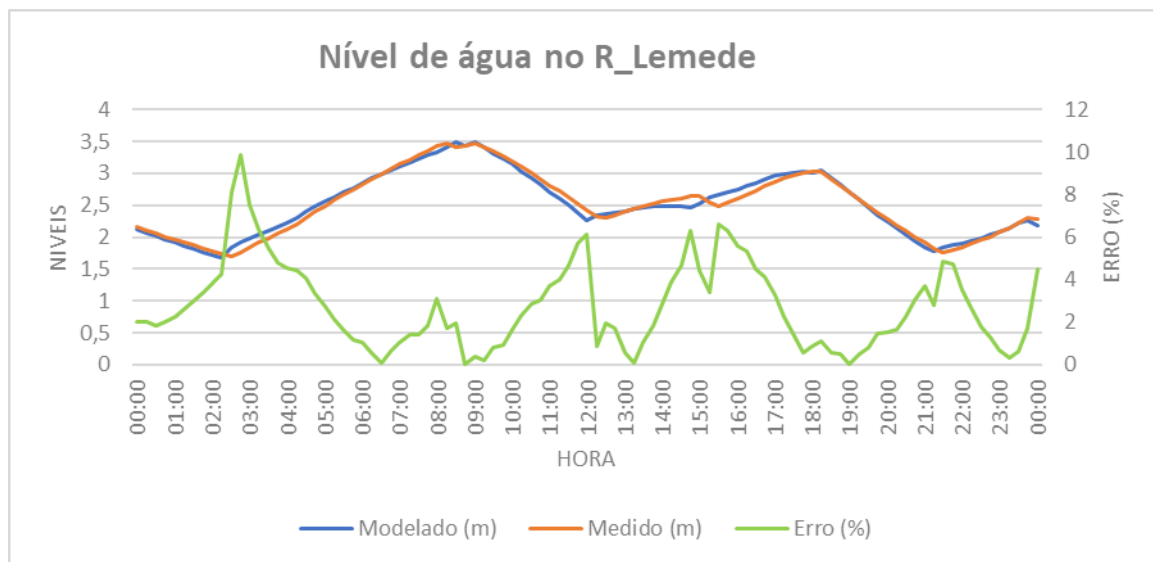


Figura 80. Variação do nível (m) da água no reservatório de Lemedede em 24 horas.

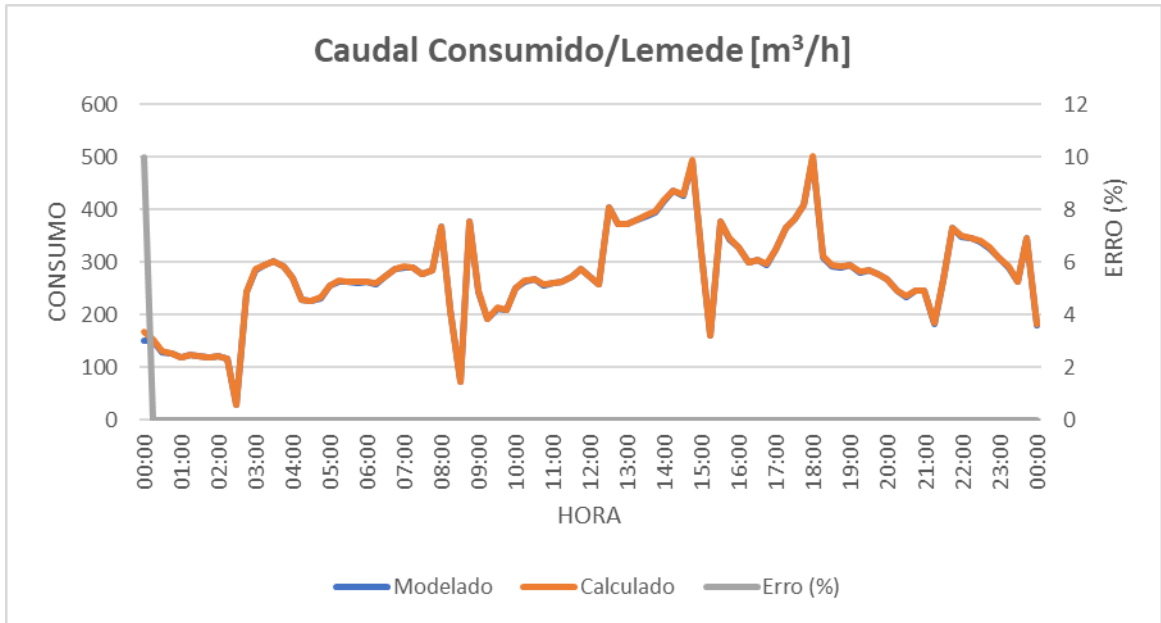


Figura 81. Variação do caudal (m³/h) no ponto de consumo do setor da Fontinha.

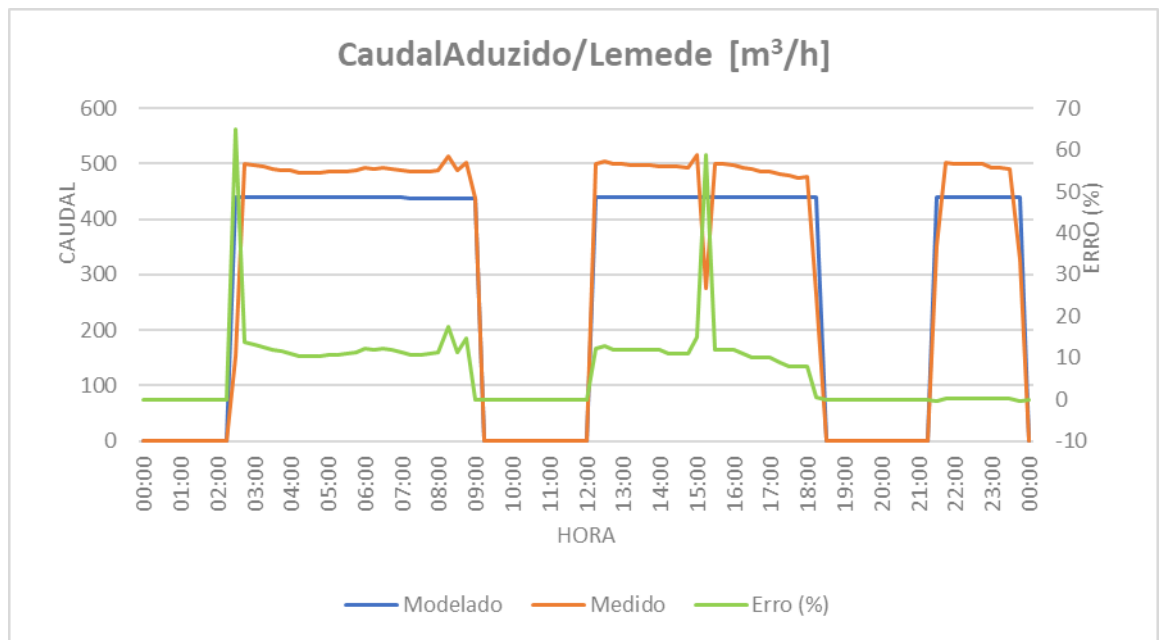


Figura 82. Variação do caudal (m³/h) a saída do reservatório de Lemedede.

3. Tocha

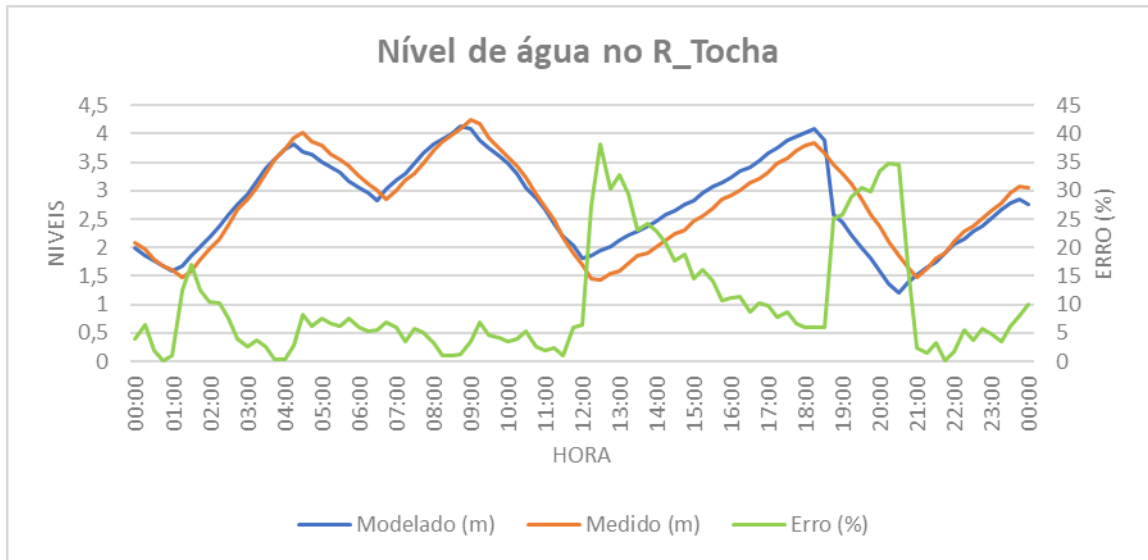


Figura 83. Variação do nível (m) da água no reservatório da Tocha em 24 horas

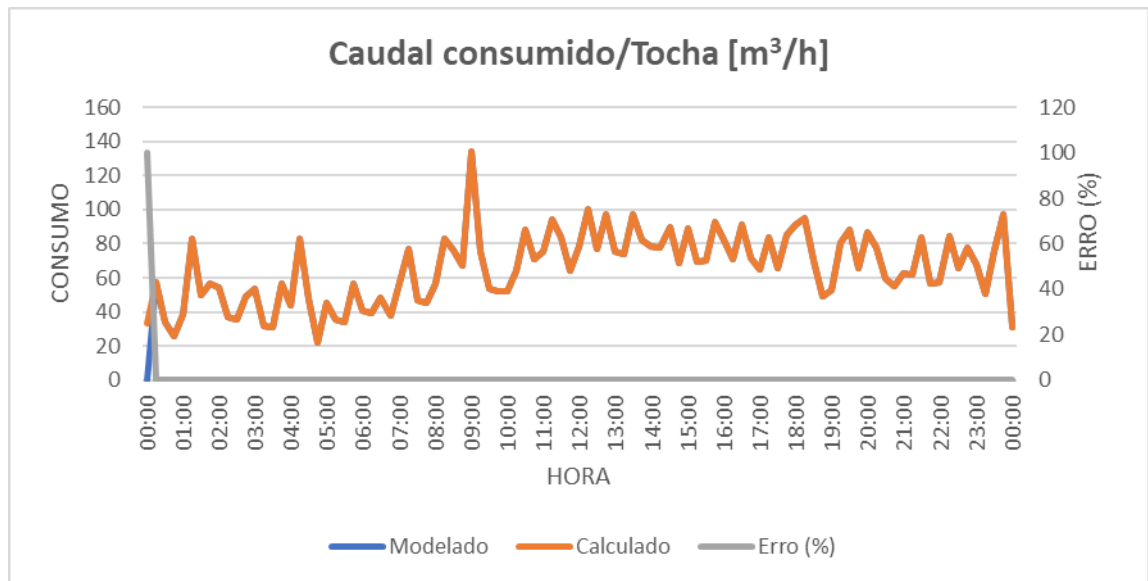


Figura 84. Variação do caudal (m³/h) no ponto de consumo do setor da Tocha.

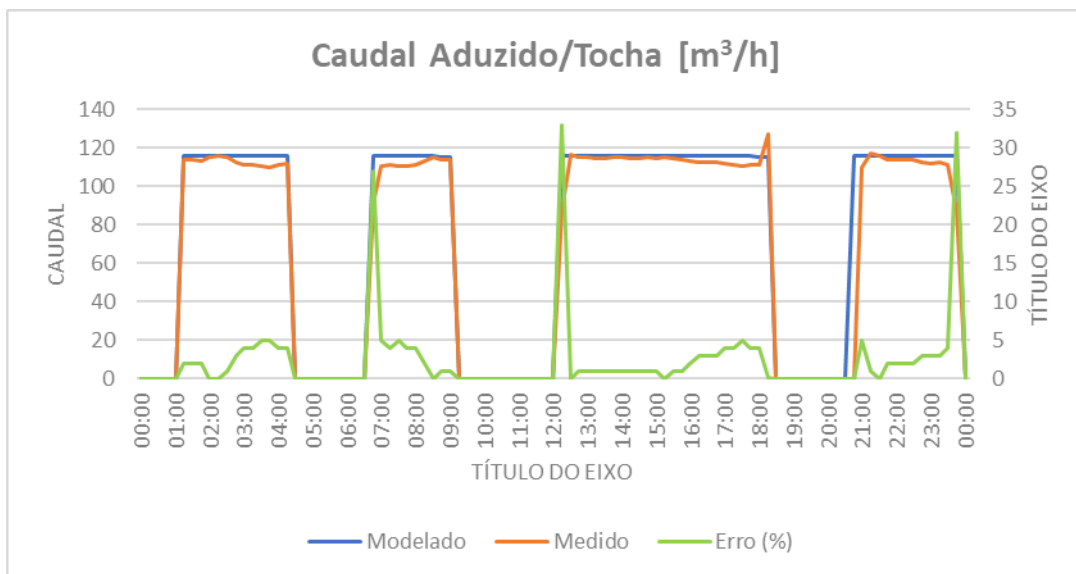


Figura 85. Variação do caudal (m^3/h) a saída do reservatório da Tocha.

4. Mira

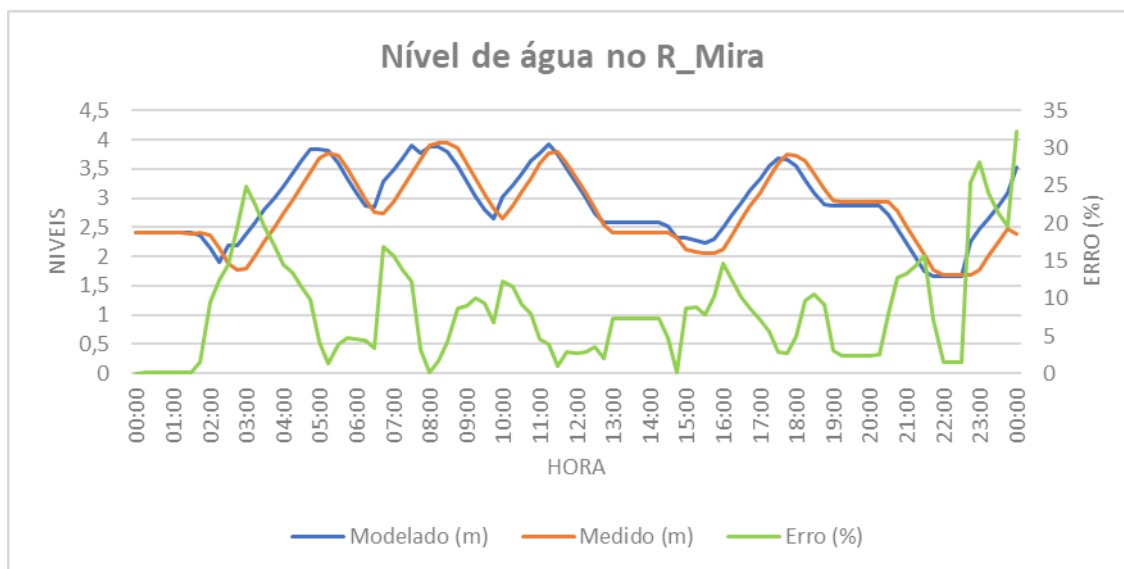


Figura 86. Variação do nível (m) da água no reservatório da Mira em 24 horas

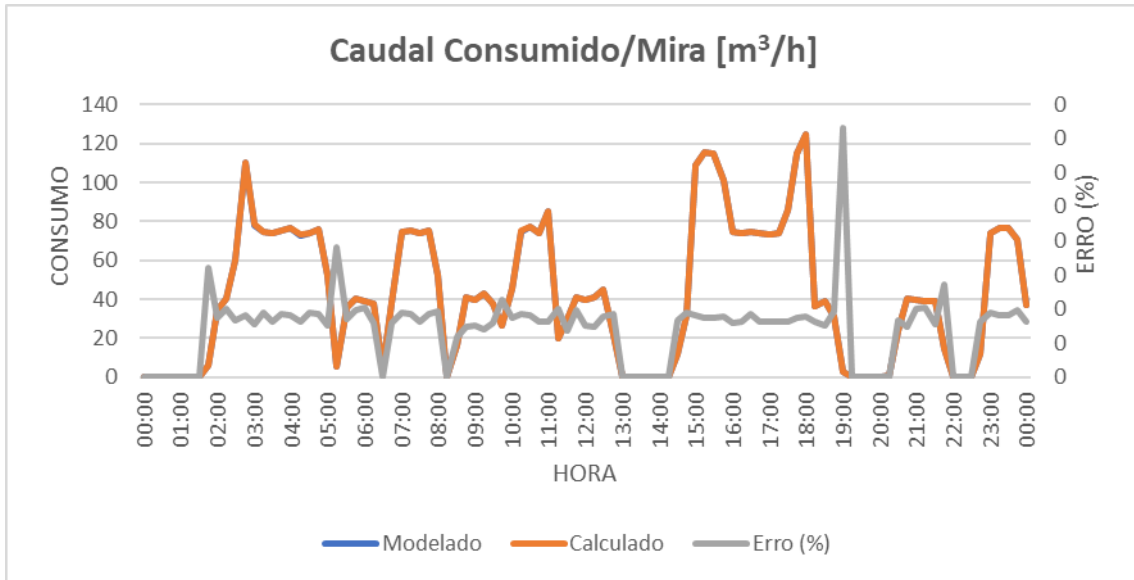


Figura 87. Variação do caudal (m³/h) no ponto de consumo do setor da Mira.

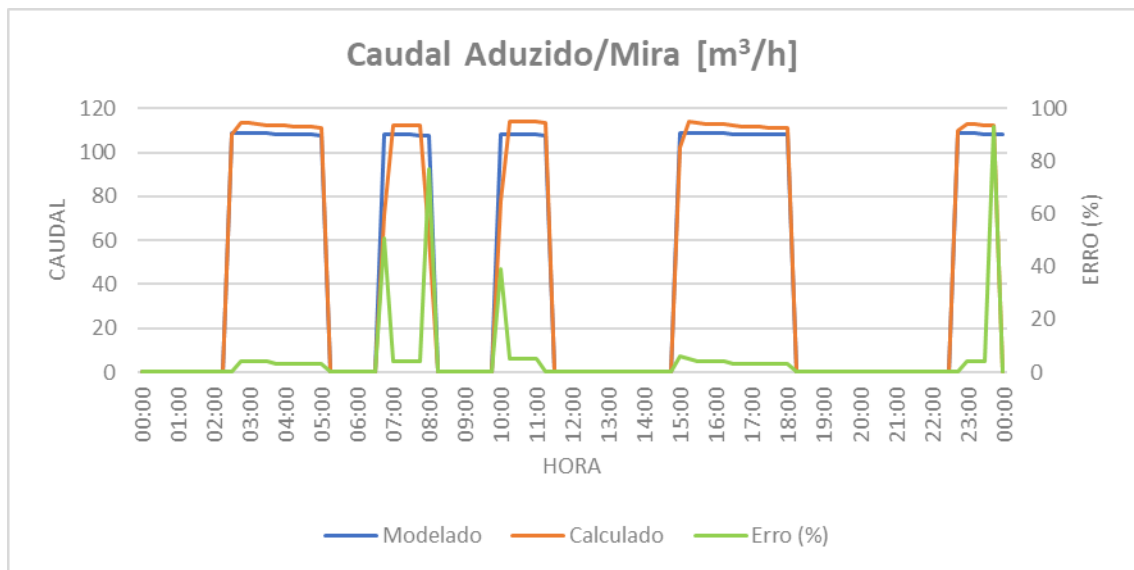


Figura 88. Variação do caudal (m³/h) a saída do reservatório da Mira

Apêndice C-Ficheiro INP do Modelo Calibrado em 24 horas de Operação

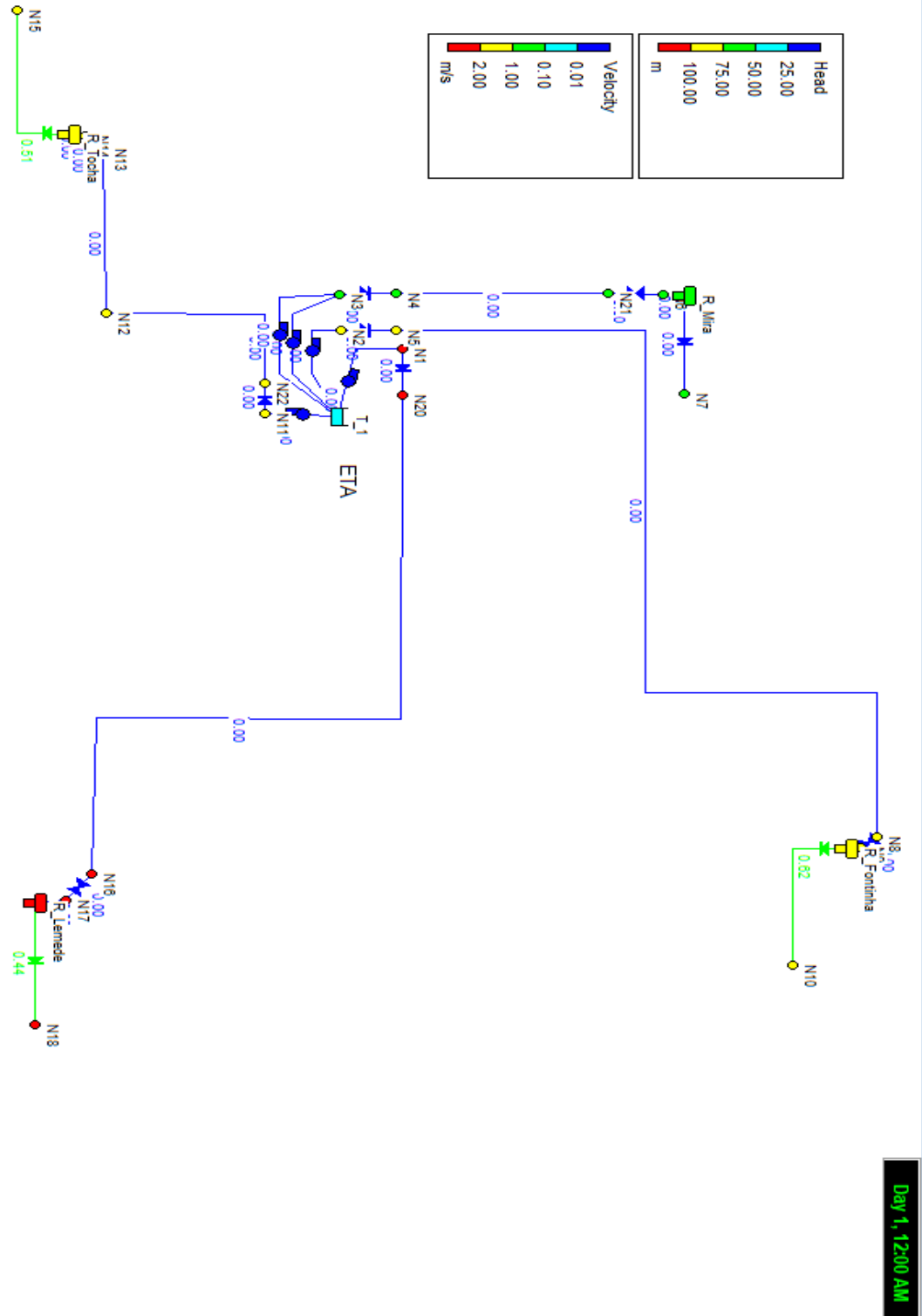


Figura 89. Esquema do modelo de calibração em 24 horas de operação.

Page 1 21/12/2020 01:21:53
 * E P A N E T *
 * Hydraulic and Water Quality *
 * Analysis for Pipe Networks *
 * Version 2.0 *

B.Mira1 0.00 0.00 0.00 Closed Pump
 B.Mira2 0.00 0.00 0.00 Closed Pump
 V3 0.00 0.00 0.00 Open Valve
 V2 0.00 0.00 0.00 Open Valve
 V4 0.00 0.00 0.00 Open Valve
 V1 0.00 0.00 0.00 Open Valve

Input File: modelo calibracao 1.net

Link - Node Table:

Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
Tb_14	R_Lemede	N18	5	350
Tb_3	R_Mira	N7	5	200
Tb_10	N14	R_Tocha	0.00001	100000
Tb_11	R_Tocha	N15	5	200
Tb_7	R_Fontinha	N10	5	200
Tb_6	N9	R_Fontinha	0.00001	100000
Tb_20	N3	N4	188.64	196
Tb_5	N21	N8	9561	296
Tb_1	N2	N21	1	300
Tb_16	N1	N20	1	500
Tb_13	N17	R_Lemede	0.00001	100000
Tb_12	N20	N16	8100	479.3
Tb_17	N11	N22	1	250
Tb_8	N22	N12	3602.397	246
Tb_9	N12	N13	3036.335	210
Tb_18	N4	N5	2498.491	245
Tb_19	N6	R_Mira	0.00001	100000
B.Tocha	T_1	N11	#N/A	#N/A Pump
B.Fontinha	T_1	N2	#N/A	#N/A Pump
B.Lemede	T_1	N1	#N/A	#N/A Pump
B.Mira1	T_1	N3	#N/A	#N/A Pump
B.Mira2	T_1	N3	#N/A	#N/A Pump
V3	N13	N14	#N/A	200 Valve
V2	N8	N9	#N/A	300 Valve
V4	N16	N17	#N/A	500 Valve
V1	N5	N6	#N/A	250 Valve

Node Results at 0:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.85	59.85	0.00
N15	34.05	87.84	21.84	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	96.38	68.38	0.00
N10	71.83	96.37	22.37	0.00
N1	0.00	102.07	74.07	0.00
N18	129.10	102.07	6.07	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	0.00	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	87.85	7.85	0.00
N14	0.00	87.85	7.85	0.00
N8	0.00	96.38	-1.62	0.00
N9	0.00	96.38	-1.62	0.00
N21	0.00	96.38	96.38	0.00
N20	0.00	102.07	102.07	0.00

Page 4 Node Results at 0:15 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.07	-13.93	0.00
N16	0.00	102.07	-13.93	0.00
N22	0.00	87.85	87.85	0.00
N12	0.00	87.85	32.85	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-34.05	87.85	1.85	0.00 Tank
R_Fontinha	-71.83	96.38	2.38	0.00 Tank
R_Lemede	-129.10	102.07	2.07	0.00 Tank
R_Mira	0.00	53.40	2.40	0.00 Tank

Page 2 Energy Usage:

Pump	Usage Factor	Avg. Effic.	Kw-hr /m3	Avg. Kw	Peak Kw	Cost /day
B.Tocha	63.54	75.00	1.37	158.08	158.33	227.94
B.Fontinha	63.54	75.00	1.17	161.57	161.78	217.45
B.Lemede	64.58	75.00	1.73	742.10	755.14	1058.14
B.Mira1	43.75	75.00	0.39	20.23	21.27	21.65
B.Mira2	43.75	75.00	0.39	20.23	21.27	21.65
Demand Charge:						0.00
Total Cost:						1546.83

Link Results at 0:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	129.10	0.37	0.43	Open
Tb_3	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	34.05	0.30	0.52	Open
Tb_7	71.83	0.64	2.15	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 0:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.00	60.00	0.00
N15	57.40	87.99	21.99	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	96.50	68.50	0.00
N10	69.95	96.49	22.49	0.00
N1	0.00	102.13	74.13	0.00
N18	151.00	102.13	6.13	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	0.01	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	88.00	8.00	0.00
N14	0.00	88.00	8.00	0.00
N8	0.00	96.50	-1.50	0.00
N9	0.00	96.50	-1.50	0.00
N21	0.00	96.50	96.50	0.00
N20	0.00	102.13	102.13	0.00
N17	0.00	102.13	-13.87	0.00
N16	0.00	102.13	-13.87	0.00
N22	0.00	88.00	88.00	0.00
N12	0.00	88.00	33.00	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-57.40	88.00	2.00	0.00 Tank
R_Fontinha	-69.95	96.50	2.50	0.00 Tank
R_Lemede	-151.00	102.13	2.13	0.00 Tank
R_Mira	-0.01	53.40	2.40	0.00 Tank

Page 5 Node Results at 0:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.76	59.76	0.00
N15	25.42	87.75	21.75	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	96.26	68.26	0.00
N10	70.17	96.25	22.25	0.00
N1	0.00	102.02	74.02	0.00
N18	125.52	102.01	6.01	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	0.09	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	87.76	7.76	0.00
N14	0.00	87.76	7.76	0.00
N8	0.00	96.26	-1.74	0.00
N9	0.00	96.26	-1.74	0.00
N21	0.00	96.26	96.26	0.00
N20	0.00	102.02	102.02	0.00
N17	0.00	102.02	-13.98	0.00
N16	0.00	102.02	-13.98	0.00
N22	0.00	87.76	87.76	0.00
N12	0.00	87.76	32.76	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-25.42	87.76	1.76	0.00 Tank
R_Fontinha	-70.17	96.26	2.26	0.00 Tank
R_Lemede	-125.52	102.02	2.02	0.00 Tank
R_Mira	-0.09	53.40	2.40	0.00 Tank

Link Results at 0:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	125.52	0.36	0.41	Open
Tb_3	0.09	0.00	0.00	Open

Page 3 Link Results at 0:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	151.00	0.44	0.58	Open
Tb_3	0.01	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	57.40	0.51	1.39	Open
Tb_7	69.95	0.62	2.05	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump

Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	25.42	0.22	0.31	Open
Tb_7	70.17	0.62	2.06	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open

Page 6
Link Results at 0:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 0:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.69	59.69	0.00
N15	38.76	87.69	21.69	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	96.15	68.15	0.00
N10	47.53	96.14	22.14	0.00
N1	0.00	101.97	73.97	0.00
N18	118.36	101.96	5.96	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	0.05	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	87.69	7.69	0.00
N14	0.00	87.69	7.69	0.00
N8	0.00	96.15	-1.85	0.00
N9	0.00	96.15	-1.85	0.00
N21	0.00	96.15	96.15	0.00
N20	0.00	101.97	101.97	0.00
N17	0.00	101.97	-14.03	0.00
N16	0.00	101.97	-14.03	0.00
N22	0.00	87.69	87.69	0.00
N12	0.00	87.69	32.69	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-38.76	87.69	1.69	0.00 Tank
R.Fontinha	-47.53	96.15	2.15	0.00 Tank
R.Lemede	-118.36	101.97	1.97	0.00 Tank
R.Mira	-0.05	53.40	2.40	0.00 Tank

Page 7
Link Results at 0:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	118.36	0.34	0.36	0.00	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	38.76	0.34	0.67	0.00	Open
Tb_7	47.53	0.42	0.99	0.00	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 1:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.25	377.25	0.00
N15	83.00	87.57	21.57	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	348.84	320.84	0.00
N10	50.78	96.06	22.06	0.00
N1	0.00	101.92	73.92	0.00
N18	122.36	101.92	5.92	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	0.05	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	80.50	9.50	0.00
N14	0.00	87.59	7.59	0.00
N8	0.00	97.58	-0.42	0.00
N9	0.00	96.07	-1.93	0.00
N21	0.00	348.84	348.84	0.00
N20	0.00	101.92	101.92	0.00

Page 8
Node Results at 1:00 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	101.92	-14.08	0.00
N16	0.00	101.92	-14.08	0.00
N22	0.00	404.81	404.81	0.00
N12	0.00	278.51	223.51	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	-254.45	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	32.56	87.59	1.59	0.00 Tank
R.Fontinha	88.11	96.07	2.07	0.00 Tank
R.Lemede	-122.36	101.92	1.92	0.00 Tank
R.Mira	-0.08	53.40	2.40	0.00 Tank

Link Results at 1:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	122.36	0.35	0.39	0.00	Open
Tb_3	0.08	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_10	115.56	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	83.00	0.73	2.81	0.00	Open
Tb_7	50.78	0.45	1.12	0.00	Open
Tb_6	138.89	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.89	0.56	26.28	0.00	Open
Tb_1	138.89	0.55	1.41	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.56	0.65	437.59	0.00	Open
Tb_8	115.56	0.68	35.06	0.00	Open
Tb_9	115.56	0.93	62.25	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.56	0.00	-377.25	0.00	Open Pump
B.Fontinha	138.89	0.00	-320.84	0.00	Open Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.56	1.02	1.91	0.00	Open Valve
V2	138.89	0.55	1.52	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 9
Node Results at 1:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.25	377.25	0.00
N4	49.82	87.67	21.67	0.00
N2	0.00	53.40	17.40	0.00
N10	0.00	348.87	320.87	0.00
N1	62.16	96.21	22.21	0.00
N18	0.00	101.87	73.87	0.00
N3	120.89	101.87	5.87	0.00
N7	0.00	53.40	25.40	0.00
N13	0.03	53.40	12.40	0.00
N14	0.00	89.59	9.59	0.00
N8	0.00	87.67	7.67	0.00
N9	0.00	97.73	-0.27	0.00
N9	0.00	96.21	-1.79	0.00
N21	0.00	348.87	348.87	0.00
N20	0.00	101.87	101.87	0.00
N17	0.00	101.87	-14.13	0.00
N16	0.00	101.87	-14.13	0.00
N22	0.00	404.82	404.82	0.00
N12	0.00	278.55	223.55	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	-254.40	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	65.72	87.67	1.67	0.00 Tank
R.Fontinha	76.70	96.21	2.21	0.00 Tank
R.Lemede	-120.89	101.87	1.87	0.00 Tank
R.Mira	-0.03	53.40	2.40	0.00 Tank

Link Results at 1:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	120.89	0.35	0.38	0.00	Open
Tb_3	0.03	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_10	115.54	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	49.82	0.44	1.07	0.00	Open
Tb_7	62.16	0.55	1.64	0.00	Open
Tb_6	138.86	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.86	0.56	26.27	0.00	Open
Tb_1	138.86	0.55	1.41	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.54	0.65	437.44	0.00	Open
Tb_8	115.54	0.68	35.05	0.00	Open
Tb_9	115.54	0.93	62.23	0.00	Open

Page 10
Link Results at 1:15 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.54	0.00	-377.26	0.00	Open Pump
B.Fontinha	138.86	0.00	-320.87	0.00	Open Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump

V3	115.54	1.02	1.91	Open Valve	Tb_7	56.81	0.50	1.38	Open
V2	138.86	0.55	1.52	Open Valve	Tb_6	138.80	0.00	0.00	Open
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_5	138.80	0.56	26.24	Open

Node Results at 1:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.28	377.28	0.00
N15	56.83	87.84	21.84	0.00
N4	0.00	53.40	17.40	0.00
N2	0.00	348.89	320.89	0.00
N10	60.43	96.33	22.33	0.00
N1	0.00	101.82	73.82	0.00
N18	117.73	101.82	5.82	0.00
N3	0.00	53.40	25.40	0.00
N7	6.25	53.40	12.40	0.00
N13	0.00	89.76	9.76	0.00
N14	0.00	87.85	7.85	0.00
N8	0.00	97.86	-0.14	0.00
N9	0.00	96.34	-1.66	0.00
N21	0.00	348.89	348.89	0.00
N20	0.00	101.82	101.82	0.00
N17	0.00	101.82	-14.18	0.00
N16	0.00	101.82	-14.18	0.00
N22	0.00	404.85	404.85	0.00
N12	0.00	278.63	223.63	0.00
N5	0.00	53.40	31.40	0.00
N6	0.00	53.40	31.40	0.00
T_1	-254.34	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	58.69	87.85	1.85	0.00 Tank
R_Fontinha	78.40	96.34	2.34	0.00 Tank
R_Lemede	-117.73	101.82	1.82	0.00 Tank
R_Mira	-6.25	53.40	2.40	0.00 Tank

Node Results at 2:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.32	377.32	0.00
N15	36.95	88.16	22.16	0.00
N4	0.00	53.15	17.15	0.00
N2	0.00	348.94	320.94	0.00
N10	63.39	96.60	22.60	0.00
N1	0.00	101.72	73.72	0.00
N18	115.83	101.72	5.72	0.00
N3	0.00	53.15	25.15	0.00
N7	40.23	53.15	12.15	0.00
N13	0.00	90.08	10.08	0.00
N14	0.00	88.17	8.17	0.00
N8	0.00	98.12	0.12	0.00
N9	0.00	96.61	-1.39	0.00
N21	0.00	348.94	348.94	0.00
N20	0.00	101.72	101.72	0.00
N17	0.00	101.72	-14.28	0.00
N16	0.00	101.72	-14.28	0.00
N22	0.00	404.89	404.89	0.00
N12	0.00	278.78	223.78	0.00
N5	0.00	53.15	31.15	0.00
N6	0.00	53.15	31.15	0.00
T_1	-254.23	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	78.51	88.17	2.17	0.00 Tank
R_Fontinha	75.38	96.61	2.61	0.00 Tank
R_Lemede	-115.83	101.72	1.72	0.00 Tank
R_Mira	-40.23	53.15	2.15	0.00 Tank

Link Results at 1:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	117.73	0.34	0.36	Open
Tb_3	6.25	0.06	0.03	Open
Tb_10	115.51	0.00	0.00	Open
Tb_11	56.83	0.50	1.37	Open
Tb_7	60.43	0.53	1.55	Open
Tb_6	138.83	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.83	0.56	26.26	Open
Tb_1	138.83	0.55	1.41	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.51	0.65	437.26	Open
Tb_8	115.51	0.68	35.04	Open
Tb_9	115.51	0.93	62.20	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B_Tochoa	115.51	0.00	-377.28	Open Pump
B_Fontinha	138.83	0.00	-320.89	Open Pump
B_Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B_Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B_Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.51	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.83	0.55	1.52	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Link Results at 2:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	115.83	0.33	0.35	Open
Tb_3	40.23	0.36	0.80	Open
Tb_10	115.46	0.00	0.00	Open
Tb_11	36.95	0.33	0.61	Open
Tb_7	63.39	0.56	1.70	Open
Tb_6	138.77	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.77	0.56	26.23	Open
Tb_1	138.77	0.55	1.38	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.46	0.65	436.88	Open
Tb_8	115.46	0.67	35.01	Open
Tb_9	115.46	0.93	62.15	Open

Link Results at 2:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B_Tochoa	115.46	0.00	-377.32	Open Pump
B_Fontinha	138.77	0.00	-320.94	Open Pump
B_Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B_Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B_Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.46	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.77	0.55	1.51	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 1:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	101.77	-14.23	0.00
N16	0.00	101.77	-14.23	0.00
N22	0.00	404.87	404.87	0.00
N12	0.00	278.71	223.71	0.00
N5	0.00	53.36	31.36	0.00
N6	0.00	53.36	31.36	0.00
T_1	-254.29	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	60.80	88.00	2.00	0.00 Tank
R_Fontinha	81.99	96.47	2.47	0.00 Tank
R_Lemede	-121.31	101.77	1.77	0.00 Tank
R_Mira	-34.35	53.36	2.36	0.00 Tank

Node Results at 2:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.35	377.35	0.00
N15	35.42	88.37	22.37	0.00
N4	0.00	134.47	98.47	0.00
N2	0.00	348.97	320.97	0.00
N10	59.34	96.73	22.73	0.00
N1	0.00	501.51	473.51	0.00
N18	29.02	101.67	5.67	0.00
N3	0.00	135.52	107.52	0.00
N7	59.80	52.89	11.89	0.00
N13	0.00	90.29	10.29	0.00
N14	0.00	88.37	8.37	0.00
N8	0.00	98.25	0.25	0.00
N9	0.00	96.74	-1.26	0.00
N21	0.00	348.97	348.97	0.00
N20	0.00	481.84	481.84	0.00
N17	0.00	101.67	-14.33	0.00
N16	0.00	101.67	-14.33	0.00
N22	0.00	404.91	404.91	0.00

Link Results at 1:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	121.31	0.35	0.38	Open
Tb_3	34.34	0.30	0.59	Open
Tb_10	115.49	0.00	0.00	Open
Tb_11	54.69	0.48	1.27	Open

N12	0.00	278.88	223.88	0.00
N5	0.00	55.80	33.80	0.00
N6	0.00	52.90	30.90	0.00
T_1	-802.31	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	80.01	88.37	2.37	0.00 Tank
R_Fontinha	79.40	96.74	2.74	0.00 Tank
R_Lemedede	410.25	101.67	1.67	0.00 Tank
R_Mira	49.07	52.90	1.90	0.00 Tank

Page 15

Link Results at 2:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	29.02	0.08	0.03	Open
Tb_3	59.80	0.53	1.70	Open
Tb_10	115.43	0.00	0.00	Open
Tb_11	35.42	0.31	0.56	Open
Tb_7	59.34	0.52	1.50	Open
Tb_6	138.74	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.87	1.00	5.57	Open
Tb_5	138.74	0.56	26.22	Open
Tb_1	138.74	0.55	1.38	Open
Tb_16	439.27	0.62	19672.55	Open
Tb_13	439.27	0.00	0.00	Open
Tb_12	439.27	0.68	46.93	Open
Tb_17	115.43	0.65	436.62	Open
Tb_8	115.43	0.67	34.99	Open
Tb_9	115.43	0.93	62.11	Open
Tb_18	108.87	0.64	31.48	Open
Tb_19	108.87	0.00	0.00	Open
B_Tocha	115.43	0.00	-377.35	Open Pump
B.Fontinha	138.74	0.00	-320.97	Open Pump
B.Lemedede	439.27	0.00	-473.51	Open Pump
B.Mirai	54.44	0.00	-107.52	Open Pump
B.Mira2	54.44	0.00	-107.52	Open Pump
V3	115.43	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.74	0.55	1.51	Open Valve
V4	439.27	0.62	0.00	Open Valve
V1	108.87	0.62	2.90	Open Valve

Node Results at 2:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.38	377.38	0.00
N15	49.32	88.58	22.58	0.00
N4	0.00	134.53	98.53	0.00
N2	0.00	348.99	320.99	0.00
N10	60.67	96.86	22.86	0.00
N1	0.00	501.55	473.55	0.00
N18	242.38	101.83	5.83	0.00
N3	0.00	135.57	107.57	0.00
N7	110.42	53.18	12.18	0.00
N13	0.00	90.50	10.50	0.00
N14	0.00	88.59	8.59	0.00
N8	0.00	98.38	0.38	0.00
N9	0.00	96.87	-1.13	0.00
N21	0.00	348.99	348.99	0.00
N20	0.00	481.89	481.89	0.00

Page 16

Node Results at 2:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	101.84	-14.16	0.00
N16	0.00	101.84	-14.16	0.00
N22	0.00	404.94	404.94	0.00
N12	0.00	278.99	223.99	0.00
N5	0.00	56.10	34.10	0.00
N6	0.00	53.20	31.20	0.00
T_1	-802.82	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	66.07	88.59	2.59	0.00 Tank
R_Fontinha	78.04	96.87	2.87	0.00 Tank
R_Lemedede	196.82	101.84	1.84	0.00 Tank
R_Mira	-1.71	53.20	2.20	0.00 Tank

Link Results at 2:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	242.38	0.70	1.45	Open
Tb_3	110.42	0.98	5.59	Open
Tb_10	115.40	0.00	0.00	Open
Tb_11	49.32	0.44	1.05	Open
Tb_7	60.67	0.54	1.56	Open
Tb_6	138.71	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.71	1.00	5.55	Open
Tb_5	138.71	0.56	26.21	Open
Tb_1	138.71	0.55	1.41	Open
Tb_16	439.20	0.62	19666.48	Open
Tb_13	439.20	0.00	0.00	Open
Tb_12	439.20	0.68	46.92	Open
Tb_17	115.40	0.65	436.36	Open
Tb_8	115.40	0.67	34.96	Open
Tb_9	115.40	0.93	62.08	Open
Tb_18	108.71	0.64	31.39	Open
Tb_19	108.71	0.00	0.00	Open
Tb_19	115.40	0.00	-377.38	Open Pump
B.Tocha	138.71	0.00	-320.99	Open Pump
B.Fontinha	439.20	0.00	-473.55	Open Pump
B.Lemedede	54.36	0.00	-107.57	Open Pump
B.Mirai	54.36	0.00	-107.57	Open Pump
B.Mira2	54.36	0.00	-107.57	Open Pump
V3	115.40	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.71	0.55	1.51	Open Valve
V4	439.20	0.62	0.00	Open Valve
V1	108.71	0.62	2.89	Open Valve

Page 17

Node Results at 2:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.40	377.40	0.00
N15	53.61	88.76	22.76	0.00
N4	0.00	134.52	98.52	0.00
N2	0.00	349.02	321.02	0.00
N10	60.68	96.99	22.99	0.00
N1	0.00	501.58	473.58	0.00
N18	285.40	101.91	5.91	0.00
N3	0.00	135.57	107.57	0.00
N7	78.22	53.18	12.18	0.00
N13	0.00	90.67	10.67	0.00
N14	0.00	88.76	8.76	0.00
N8	0.00	98.51	0.51	0.00
N9	0.00	97.00	-1.00	0.00
N21	0.00	349.02	349.02	0.00
N20	0.00	481.91	481.91	0.00
N17	0.00	101.92	-14.08	0.00
N16	0.00	101.92	-14.08	0.00
N22	0.00	404.96	404.96	0.00
N12	0.00	279.07	224.07	0.00
N5	0.00	56.08	34.08	0.00
N6	0.00	53.19	31.19	0.00
T_1	-801.93	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	61.76	88.76	2.76	0.00 Tank
R_Fontinha	78.00	97.00	3.00	0.00 Tank
R_Lemedede	153.77	101.92	1.92	0.00 Tank
R_Mira	30.50	53.19	2.19	0.00 Tank

Link Results at 2:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	285.40	0.82	2.00	Open
Tb_3	78.22	0.69	2.86	Open
Tb_10	115.37	0.00	0.00	Open
Tb_11	53.61	0.47	1.23	Open
Tb_7	60.68	0.54	1.56	Open
Tb_6	138.68	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.72	1.00	5.55	Open
Tb_5	138.68	0.56	26.20	Open
Tb_1	138.68	0.54	1.41	Open
Tb_16	439.17	0.62	19663.58	Open
Tb_13	439.17	0.00	0.00	Open
Tb_12	439.17	0.68	46.91	Open
Tb_17	115.37	0.65	436.18	Open
Tb_8	115.37	0.67	34.95	Open
Tb_9	115.37	0.93	62.05	Open

Page 18

Link Results at 2:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	108.72	0.64	31.39	Open
Tb_19	108.72	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.37	0.00	-377.40	Open Pump
B.Fontinha	138.68	0.00	-321.02	Open Pump
B.Lemedede	439.17	0.00	-473.58	Open Pump
B.Mirai	54.36	0.00	-107.57	Open Pump
B.Mira2	54.36	0.00	-107.57	Open Pump
V3	115.37	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.68	0.54	1.51	Open Valve
V4	439.17	0.62	0.00	Open Valve
V1	108.72	0.62	2.89	Open Valve

Node Results at 3:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.42	377.42	0.00
N15	31.97	88.93	22.93	0.00
N4	0.00	134.56	98.56	0.00
N2	0.00	349.04	321.04	0.00
N10	61.37	97.12	23.12	0.00
N1	0.00	501.59	473.59	0.00
N18	293.57	101.97	5.97	0.00
N3	0.00	135.61	107.61	0.00
N7	74.61	53.37	12.37	0.00
N13	0.00	90.84	10.84	0.00
N14	0.00	88.93	8.93	0.00
N8	0.00	98.64	0.64	0.00
N9	0.00	97.13	-0.87	0.00
N21	0.00	349.04	349.04	0.00
N20	0.00	481.93	481.93	0.00
N17	0.00	101.90	-14.02	0.00
N16	0.00	101.98	-14.02	0.00
N22	0.00	404.99	404.99	0.00
N12	0.00	279.15	224.15	0.00
N5	0.00	56.27	34.27	0.00
N6	0.00	53.38	31.38	0.00
T_1	-801.75	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	83.37	88.93	2.93	0.00 Tank
R_Fontinha	77.28	97.13	3.13	0.00 Tank
R_Lemedede	145.57	101.98	1.98	0.00 Tank
R_Mira	34.01	53.38	2.38	0.00 Tank

Page 19

Link Results at 3:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	293.57	0.85	2.11	Open
Tb_3	74.61	0.66	2.61	Open
Tb_10	115.34	0.00	0.00	Open
Tb_11	31.97	0.28	0.47	Open
Tb_7	61.37	0.54	1.60	Open
Tb_6	138.65	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.62	1.00	5.54	Open
Tb_5	138.65	0.56	26.19	Open
Tb_1	138.65	0.54	1.41	Open
Tb_16	439.14	0.62	19661.27	Open
Tb_13	439.14	0.00	0.00	Open

Tb_12	439.14	0.68	46.91	Open	R_Mira	33.22	53.80	2.80	0.00	Tank
Tb_17	115.34	0.65	435.95	Open						
Tb_8	115.34	0.67	34.93	Open						
Tb_9	115.34	0.93	62.02	Open						
Tb_18	108.62	0.64	31.34	Open						
Tb_19	108.62	0.00	0.00	Open						
B_Tocha	115.34	0.00	-377.42	Open Pump						
B_Fontinha	138.65	0.00	-321.04	Open Pump						
B_Lemede	439.14	0.00	-473.59	Open Pump						
B_Miral	54.31	0.00	-107.61	Open Pump						
B_Mira2	54.31	0.00	-107.61	Open Pump						
V3	115.34	1.02	1.91	Open Valve						
V2	138.65	0.54	1.51	Open Valve						
V4	439.14	0.62	0.00	Open Valve						
V1	108.62	0.61	2.89	Open Valve						

Node Results at 3:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.45	377.45	0.00
N15	31.01	89.15	23.15	0.00
N4	0.00	134.60	98.60	0.00
N2	0.00	349.07	321.07	0.00
N10	58.18	97.25	23.25	0.00
N1	0.00	501.61	473.61	0.00
N18	300.51	102.03	6.03	0.00
N3	0.00	135.65	107.65	0.00
N7	75.65	53.58	12.58	0.00
N13	0.00	91.06	11.06	0.00
N14	0.00	89.15	9.15	0.00
N8	0.00	98.77	0.77	0.00
N9	0.00	97.26	-0.74	0.00
N21	0.00	349.06	349.06	0.00
N20	0.00	481.95	481.95	0.00

Page 20
Node Results at 3:15 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.04	-13.96	0.00
N16	0.00	102.04	-13.96	0.00
N22	0.00	405.01	405.01	0.00
N12	0.00	279.25	224.25	0.00
N5	0.00	56.47	34.47	0.00
N6	0.00	53.59	31.59	0.00
T_1	-801.55	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	84.30	89.15	3.15	0.00 Tank
R_Fontinha	80.45	97.26	3.26	0.00 Tank
R_Lemede	138.61	102.04	2.04	0.00 Tank
R_Mira	34.86	53.59	2.59	0.00 Tank

Link Results at 3:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	300.51	0.87	2.21	Open	
Tb_3	73.65	0.65	2.54	Open	
Tb_10	115.31	0.00	0.00	Open	
Tb_11	31.01	0.27	0.44	Open	
Tb_7	58.18	0.51	1.44	Open	
Tb_6	138.62	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.51	1.00	5.53	Open	
Tb_5	138.62	0.56	26.18	Open	
Tb_1	138.62	0.54	1.41	Open	
Tb_16	439.12	0.62	19659.15	Open	
Tb_13	439.12	0.00	0.00	Open	
Tb_12	439.12	0.68	46.90	Open	
Tb_17	115.31	0.65	435.69	Open	
Tb_8	115.31	0.67	34.91	Open	
Tb_9	115.31	0.92	61.98	Open	
Tb_18	108.51	0.64	31.27	Open	
Tb_19	108.51	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.31	0.00	-377.45	Open Pump	
B_Fontinha	138.62	0.00	-321.07	Open Pump	
B_Lemede	439.12	0.00	-473.61	Open Pump	
B_Miral	54.25	0.00	-107.65	Open Pump	
B_Mira2	54.25	0.00	-107.65	Open Pump	
V3	115.31	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.62	0.54	1.51	Open Valve	
V4	439.12	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.51	0.61	2.88	Open Valve	

Page 21

Node Results at 3:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.48	377.48	0.00
N15	56.98	89.37	23.37	0.00
N4	0.00	134.64	98.64	0.00
N2	0.00	349.09	321.09	0.00
N10	61.95	97.38	23.38	0.00
N1	0.00	501.62	473.62	0.00
N18	291.15	102.09	6.09	0.00
N3	0.00	135.69	107.69	0.00
N7	75.17	53.79	12.79	0.00
N13	0.00	91.28	11.28	0.00
N14	0.00	89.38	9.38	0.00
N8	0.00	98.90	0.90	0.00
N9	0.00	97.39	-0.61	0.00
N21	0.00	349.09	349.09	0.00
N20	0.00	481.96	481.96	0.00
N17	0.00	102.10	-13.90	0.00
N16	0.00	102.10	-13.90	0.00
N22	0.00	405.04	405.04	0.00
N12	0.00	279.36	224.36	0.00
N5	0.00	56.68	34.68	0.00
N6	0.00	53.80	31.80	0.00
T_1	-801.35	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	58.30	89.38	3.38	0.00 Tank
R_Fontinha	76.64	97.39	3.39	0.00 Tank
R_Lemede	147.94	102.10	2.10	0.00 Tank

R_Mira

R_Mira	33.22	53.80	2.80	0.00	Tank
--------	-------	-------	------	------	------

Link Results at 3:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	291.15	0.84	2.08	Open	
Tb_3	75.17	0.66	2.65	Open	
Tb_10	115.27	0.00	0.00	Open	
Tb_11	56.98	0.50	1.38	Open	
Tb_7	61.95	0.55	1.63	Open	
Tb_6	138.59	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.39	1.00	5.52	Open	
Tb_5	138.59	0.56	26.17	Open	
Tb_1	138.59	0.54	1.38	Open	
Tb_16	439.09	0.62	19657.11	Open	
Tb_13	439.09	0.00	0.00	Open	
Tb_12	439.09	0.68	46.90	Open	
Tb_17	115.27	0.65	435.43	Open	
Tb_8	115.27	0.67	34.89	Open	
Tb_9	115.27	0.92	61.94	Open	

Page 22
Link Results at 3:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	108.39	0.64	31.21	Open	
Tb_19	108.39	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.27	0.00	-377.48	Open Pump	
B_Fontinha	138.59	0.00	-321.09	Open Pump	
B_Lemede	439.09	0.00	-473.62	Open Pump	
B_Miral	54.20	0.00	-107.69	Open Pump	
B_Mira2	54.20	0.00	-107.69	Open Pump	
V3	115.27	1.02	1.90	Open Valve	
V2	138.59	0.54	1.51	Open Valve	
V4	439.09	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.39	0.61	2.87	Open Valve	

Node Results at 3:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.50	377.50	0.00
N15	44.13	89.53	23.53	0.00
N4	0.00	134.68	98.68	0.00
N2	0.00	349.12	321.12	0.00
N10	61.40	97.51	23.51	0.00
N1	0.00	501.64	473.64	0.00
N18	269.46	102.15	6.15	0.00
N3	0.00	135.72	107.72	0.00
N7	76.27	53.99	12.99	0.00
N13	0.00	91.43	11.43	0.00
N14	0.00	89.53	9.53	0.00
N8	0.00	99.03	1.03	0.00
N9	0.00	97.52	-0.48	0.00
N21	0.00	349.11	349.11	0.00
N20	0.00	481.98	481.98	0.00
N17	0.00	102.16	-13.84	0.00
N16	0.00	102.16	-13.84	0.00
N22	0.00	405.06	405.06	0.00
N12	0.00	279.43	224.43	0.00
N5	0.00	56.00	34.88	0.00
N6	0.00	54.01	32.01	0.00
T_1	-801.16	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	71.12	89.53	3.53	0.00 Tank
R_Fontinha	77.17	97.52	3.52	0.00 Tank
R_Lemede	169.60	102.16	2.16	0.00 Tank
R_Mira	32.01	54.01	3.01	0.00 Tank

Page 23

Link Results at 3:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	269.46	0.78	1.78	Open	
Tb_3	76.27	0.67	2.72	Open	
Tb_10	115.25	0.00	0.00	Open	
Tb_11	44.13	0.39	0.85	Open	
Tb_7	61.40	0.54	1.60	Open	
Tb_6	138.56	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.28	1.00	5.51	Open	
Tb_5	138.56	0.56	26.16	Open	
Tb_1	138.56	0.54	1.41	Open	
Tb_16	439.07	0.62	19654.88	Open	
Tb_13	439.07	0.00	0.00	Open	
Tb_12	439.07	0.68	46.89	Open	
Tb_17	115.25	0.65	435.25	Open	
Tb_8	115.25	0.67	34.87	Open	
Tb_9	115.25	0.92	61.92	Open	
Tb_18	108.28	0.64	31.14	Open	
Tb_19	108.28	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.25	0.00	-377.50	Open Pump	
B_Fontinha	138.56	0.00	-321.12	Open Pump	
B_Lemede	439.07	0.00	-473.64	Open Pump	
B_Miral	54.14	0.00	-107.72	Open Pump	
B_Mira2	54.14	0.00	-107.72	Open Pump	
V3	115.25	1.02	1.90	Open Valve	
V2	138.56	0.54	1.51	Open Valve	
V4	439.07	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.28	0.61	2.87	Open Valve	

Node Results at 4:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.52	377.52	0.00
N15	83.22	89.71	23.71	0.00
N4	0.00	134.72	98.72	0.00
N2	0.00	349.14	321.14	0.00
N10	64.30	97.64	23.64	0.00
N1	0.00	501.65	473.65	0.00
N18	228.44	102.22	6.22	0.00

N3	0.00	135.76	107.76	0.00	ID	CMH	m/s	m/km	
N7	72.90	54.19	13.19	0.00	Tb_18	108.06	0.64	31.01	Open
N13	0.00	91.62	11.62	0.00	Tb_19	108.06	0.00	0.00	Open
N14	0.00	89.72	9.72	0.00	B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N8	0.00	99.16	1.16	0.00	B.Fontinha	138.51	0.00	-321.16	Open Pump
N9	0.00	97.65	-0.35	0.00	B.Lemede	439.01	0.00	-473.68	Open Pump
N21	0.00	349.14	349.14	0.00	B.Mira1	54.03	0.00	-107.80	Open Pump
N20	0.00	482.00	482.00	0.00	B.Mira2	54.03	0.00	-107.80	Open Pump
					V3	0.00	349.19	0.00	Open Valve
					V2	138.51	0.54	1.51	Open Valve
					V4	439.01	0.62	0.00	Open Valve
					V1	108.06	0.61	2.86	Open Valve

Page 24
Node Results at 4:00 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.23	-13.77	0.00	N11	0.00	89.68	61.68	0.00
N16	0.00	102.23	-13.77	0.00	N15	22.32	89.68	23.68	0.00
N22	0.00	405.09	405.09	0.00	N4	0.00	134.81	98.81	0.00
N12	0.00	279.52	224.52	0.00	N2	0.00	349.19	321.19	0.00
N5	0.00	57.07	35.07	0.00	N10	63.35	97.89	23.89	0.00
N6	0.00	54.20	32.20	0.00	N1	0.00	501.70	473.70	0.00
T_1	-800.97	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N18	231.98	102.39	6.39	0.00
R_Tocha	31.99	89.72	3.72	0.00 Tank	N3	0.00	135.84	107.84	0.00
R_Fontinha	74.24	97.65	3.65	0.00 Tank	N7	75.89	54.62	13.62	0.00
R_Lemede	210.60	102.23	2.23	0.00 Tank	N13	0.00	89.68	9.68	0.00
R_Mira	35.28	54.20	3.20	0.00 Tank	N14	0.00	89.68	9.68	0.00

Link Results at 4:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	228.44	0.66	1.29	Open		N17	0.00	102.40	-13.60	0.00	
Tb_3	72.90	0.64	2.49	Open		N16	0.00	102.40	-13.60	0.00	
Tb_10	115.22	0.00	0.00	Open		N22	0.00	89.68	89.68	0.00	
Tb_11	83.22	0.74	2.82	Open		N12	0.00	89.68	34.68	0.00	
Tb_7	64.30	0.57	1.75	Open		N5	0.00	57.48	35.48	0.00	
Tb_6	138.54	0.00	0.00	Open		N6	0.00	54.63	32.63	0.00	
Tb_20	108.17	1.00	5.50	Open		T_1	-685.39	28.00	0.00	0.00 Reservoir	
Tb_5	138.54	0.56	26.15	Open		R_Tocha	-22.32	89.68	3.68	0.00 Tank	
Tb_1	138.54	0.54	1.41	Open		R_Fontinha	75.13	97.90	3.90	0.00 Tank	
Tb_16	439.04	0.62	19652.38	Open		R_Lemede	206.99	102.40	2.40	0.00 Tank	
Tb_13	439.04	0.00	0.00	Open		R_Mira	32.05	54.63	3.63	0.00 Tank	
Tb_12	439.04	0.68	46.89	Open							
Tb_17	115.22	0.65	434.99	Open							
Tb_8	115.22	0.67	34.86	Open							
Tb_9	115.22	0.92	61.88	Open							
Tb_18	108.17	0.64	31.08	Open							
Tb_19	108.17	0.00	0.00	Open							
B.Tocha	115.22	0.00	-377.52	Open Pump							
B.Fontinha	138.54	0.00	-321.14	Open Pump							
B.Lemede	439.04	0.00	-473.65	Open Pump							
B.Mira1	54.09	0.00	-107.76	Open Pump							
B.Mira2	54.09	0.00	-107.76	Open Pump							
V3	115.22	1.02	1.90	Open Valve							
V2	138.54	0.54	1.51	Open Valve							
V4	439.04	0.62	0.00	Open Valve							
V1	108.17	0.61	2.86	Open Valve							

Page 25
Node Results at 4:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.81	61.81	0.00	N11	0.00	89.62	61.62	0.00
N15	47.59	89.80	23.80	0.00	N15	45.62	89.61	23.61	0.00
N4	0.00	134.77	98.77	0.00	N4	0.00	134.85	98.85	0.00
N2	0.00	349.16	321.16	0.00	N2	0.00	349.21	321.21	0.00
N10	61.59	97.77	23.77	0.00	N10	64.93	98.02	24.02	0.00
N1	0.00	501.68	473.68	0.00	N1	0.00	501.72	473.72	0.00
N18	224.78	102.31	6.31	0.00	N18	254.48	102.48	6.48	0.00
N3	0.00	135.80	107.80	0.00	N3	0.00	135.88	107.88	0.00
N7	73.82	54.41	13.41	0.00	N7	52.42	54.82	13.82	0.00
N13	0.00	89.81	9.81	0.00	N13	0.00	89.62	9.62	0.00
N14	0.00	89.81	9.81	0.00	N14	0.00	89.62	9.62	0.00
N8	0.00	99.28	1.28	0.00	N8	0.00	99.54	1.54	0.00
N9	0.00	97.77	-0.23	0.00	N9	0.00	98.03	0.03	0.00
N21	0.00	349.16	349.16	0.00	N21	0.00	349.21	349.21	0.00
N20	0.00	482.03	482.03	0.00	N20	0.00	482.08	482.08	0.00
N17	0.00	102.31	-13.69	0.00					
N16	0.00	102.31	-13.69	0.00					
N22	0.00	89.81	89.81	0.00					
N12	0.00	89.81	34.81	0.00					
N5	0.00	57.28	35.28	0.00					
N6	0.00	54.42	32.42	0.00					
T_1	-685.57	28.00	0.00	0.00 Reservoir					
R_Tocha	-47.59	89.81	3.81	0.00 Tank					
R_Fontinha	76.92	97.77	3.77	0.00 Tank					
R_Lemede	214.22	102.31	2.31	0.00 Tank					
R_Mira	34.24	54.42	3.42	0.00 Tank					

Link Results at 4:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	224.78	0.65	1.25	Open		N17	0.00	102.48	-13.52	0.00	
Tb_3	73.82	0.65	2.55	Open		N16	0.00	102.48	-13.52	0.00	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open		N22	0.00	89.62	89.62	0.00	
Tb_11	47.59	0.42	0.98	Open		N12	0.00	89.62	34.62	0.00	
Tb_7	61.59	0.54	1.61	Open		N5	0.00	57.67	35.67	0.00	
Tb_6	138.51	0.00	0.00	Open		N6	0.00	54.83	32.83	0.00	
Tb_20	108.06	0.99	5.49	Open		T_1	-685.22	28.00	0.00	0.00 Reservoir	
Tb_5	138.51	0.56	26.14	Open		R_Tocha	-45.62	89.62	3.62	0.00 Tank	
Tb_1	138.51	0.54	1.41	Open		R_Fontinha	73.52	98.03	4.03	0.00 Tank	
Tb_16	439.01	0.62	19649.26	Open		R_Lemede	184.46	102.48	2.48	0.00 Tank	
Tb_13	439.01	0.00	0.00	Open		R_Mira	55.42	54.83	3.83	0.00 Tank	
Tb_12	439.01	0.68	46.88	Open							
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open							
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open							
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open							

Page 26
Link Results at 4:15 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	224.78	0.65	1.25	Open	
Tb_3	73.82	0.65	2.55	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	47.59	0.42	0.98	Open	
Tb_7	61.59	0.54	1.61	Open	
Tb_6	138.51	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.06	0.99	5.49	Open	
Tb_5	138.51	0.56	26.14	Open	
Tb_1	138.51	0.54	1.41	Open	
Tb_16	439.01	0.62	19649.26	Open	
Tb_13	439.01	0.00	0.00	Open	
Tb_12	439.01	0.68	46.88	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	

Link Results at 4:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	254.48	0.73	1.60	Open	
Tb_3	52.42	0.48	1.32	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	45.62	0.40	0.91	Open	
Tb_7	64.93	0.57	1.78	Open	
Tb_6	138.45	0.00	0.00	Open	
Tb_20	107.84	0.99	5.47	Open	
Tb_5	138.45	0.56	26.11	Open	
Tb_1	138.45	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.94	0.62	19643.04	Open	
Tb_13	438.94	0.68	46.86	Open	
Tb_12	438.94	0.68	46.86	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	107.84	0.64	30.89	Open	
Tb_19	107.84	0.64	30.89	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	138.45	0.00	-321.21	Open Pump	
B.Lemede	438.94	0.00	-473.72	Open Pump	
B.Mira1	53.92	0.00	-107.88	Open Pump	
B.Mira2	53.92	0.00	-107.88	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	138.45	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.94	0.62	0.00	Open Valve	
V1	107.84	0.61	2.85	Open Valve	

Page 29

Node Results at 5:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.50	61.50	0.00
N15	35.40	89.49	23.49	0.00
N4	0.00	54.84	18.84	0.00
N2	0.00	349.24	321.24	0.00
N10	64.87	98.14	24.14	0.00
N1	0.00	501.74	473.74	0.00
N18	262.22	102.55	6.55	0.00
N3	0.00	54.84	26.84	0.00
N7	5.22	54.84	13.84	0.00
N13	0.00	89.50	9.50	0.00
N14	0.00	89.50	9.50	0.00
N8	0.00	99.66	1.66	0.00
N9	0.00	98.15	0.15	0.00
N21	0.00	349.23	349.23	0.00
N20	0.00	482.10	482.10	0.00
N17	0.00	102.56	-13.44	0.00
N16	0.00	102.56	-13.44	0.00
N22	0.00	89.50	89.50	0.00
N12	0.00	89.50	34.50	0.00
N5	0.00	54.84	32.84	0.00
N6	0.00	54.84	32.84	0.00
T_1	-577.33	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-35.40	89.50	3.50	0.00 Tank
R.Fontinha	73.56	98.15	4.15	0.00 Tank
R.Lemede	175.27	102.56	2.56	0.00 Tank
R.Mira	-5.22	54.84	3.84	0.00 Tank

Link Results at 5:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	263.63	0.76	1.71	Open	
Tb_3	5.22	0.05	0.02	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	35.40	0.31	0.57	Open	
Tb_7	64.87	0.57	1.77	Open	
Tb_6	138.42	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	138.42	0.56	26.10	Open	
Tb_1	138.42	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.91	0.62	19640.25	Open	
Tb_13	438.91	0.68	46.86	Open	
Tb_12	438.91	0.68	46.86	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	

Page 30

Link Results at 5:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	138.42	0.00	-321.24	Open Pump	
B.Lemede	438.91	0.00	-473.74	Open Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	138.42	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.91	0.62	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Node Results at 5:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.40	61.40	0.00
N15	34.05	89.40	23.40	0.00
N4	0.00	54.81	18.81	0.00
N2	0.00	349.26	321.26	0.00
N10	66.27	98.26	24.26	0.00
N1	0.00	501.76	473.76	0.00
N18	262.22	102.62	6.62	0.00
N3	0.00	54.81	26.81	0.00
N7	35.60	54.81	13.81	0.00

N13	0.00	89.40	9.40	0.00
N14	0.00	89.40	9.40	0.00
N8	0.00	99.78	1.78	0.00
N9	0.00	98.27	0.27	0.00
N21	0.00	349.26	349.26	0.00
N20	0.00	482.12	482.12	0.00
N17	0.00	102.63	-13.37	0.00
N16	0.00	102.63	-13.37	0.00
N22	0.00	89.40	89.40	0.00
N12	0.00	89.40	34.40	0.00
N5	0.00	54.81	32.81	0.00
N6	0.00	54.81	32.81	0.00
T_1	-577.27	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-34.05	89.40	3.40	0.00 Tank
R.Fontinha	72.13	98.27	4.27	0.00 Tank
R.Lemede	176.66	102.63	2.63	0.00 Tank
R.Mira	-35.60	54.81	3.81	0.00 Tank

Page 31

Link Results at 5:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	262.22	0.76	1.69	Open	
Tb_3	35.60	0.31	0.63	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	34.05	0.30	0.52	Open	
Tb_7	66.27	0.59	1.85	Open	
Tb_6	138.40	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	138.40	0.56	26.09	Open	
Tb_1	138.40	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.88	0.62	19637.69	Open	
Tb_13	438.88	0.68	46.85	Open	
Tb_12	438.88	0.68	46.85	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	138.40	0.00	-321.26	Open Pump	
B.Lemede	438.88	0.00	-473.76	Open Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	138.40	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.88	0.62	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Node Results at 5:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.31	61.31	0.00
N15	56.96	89.31	23.31	0.00
N4	0.00	54.59	18.59	0.00
N2	0.00	349.28	321.28	0.00
N10	68.31	98.38	24.38	0.00
N1	0.00	501.78	473.78	0.00
N18	260.56	102.69	6.69	0.00
N3	0.00	54.59	26.59	0.00
N7	40.39	54.59	13.59	0.00
N13	0.00	89.31	9.31	0.00
N14	0.00	89.31	9.31	0.00
N8	0.00	99.90	1.90	0.00
N9	0.00	98.39	0.39	0.00
N21	0.00	349.28	349.28	0.00
N20	0.00	482.14	482.14	0.00

Page 32

Node Results at 5:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.70	-13.30	0.00
N16	0.00	102.70	-13.30	0.00
N22	0.00	89.31	89.31	0.00
N12	0.00	89.31	34.31	0.00
N5	0.00	54.59	32.59	0.00
N6	0.00	54.59	32.59	0.00
T_1	-577.22	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-56.96	89.31	3.31	0.00 Tank
R.Fontinha	70.06	98.39	4.39	0.00 Tank
R.Lemede	178.29	102.70	2.70	0.00 Tank
R.Mira	-40.39	54.59	3.59	0.00 Tank

Link Results at 5:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	260.56	0.75	1.67	Open	
Tb_3	40.39	0.36	0.80	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	56.96	0.50	1.37	Open	
Tb_7	68.31	0.60	1.96	Open	
Tb_6	138.37	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	138.37	0.56	26.08	Open	
Tb_1	138.37	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.85	0.62	19635.08	Open	
Tb_13	438.85	0.68	46.84	Open	
Tb_12	438.85	0.68	46.84	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	138.37	0.00	-321.28	Open Pump	
B.Lemede	438.85	0.00	-473.78	Open Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

V2	138.37	0.54	1.51	Open Valve	Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
V4	438.85	0.62	0.00	Open Valve	Tb_11	39.38	0.35	0.69	Open
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_7	66.05	0.58	1.84	Open
					Tb_6	138.32	0.00	0.00	Open
					Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
					Tb_5	138.32	0.56	26.06	Open
					Tb_1	138.32	0.54	1.38	Open
					Tb_16	438.79	0.62	19629.80	Open
					Tb_13	438.79	0.00	0.00	Open
					Tb_12	438.79	0.68	46.83	Open
					Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
					Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
					Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
					Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
					Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
					B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
					B.Fontinha	138.32	0.00	-321.33	Open Pump
					B.Lemede	438.79	0.00	-473.81	Open Pump
					B.Mirai1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
					B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
					V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
					V2	138.32	0.54	1.50	Open Valve
					V4	438.79	0.62	0.00	Open Valve
					V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 33
Node Results at 5:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.16	61.16	0.00	N11	0.00	88.95	60.95	0.00
N15	40.61	89.16	23.16	0.00	N15	45.42	88.94	22.94	0.00
N4	0.00	54.34	18.34	0.00	N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	349.30	321.30	0.00	N2	0.00	349.35	321.35	0.00
N10	67.79	98.50	24.50	0.00	N10	65.73	98.74	24.74	0.00
N1	0.00	561.80	473.80	0.00	N1	0.00	501.83	473.83	0.00
N18	261.98	102.77	6.77	0.00	N18	271.80	102.91	6.91	0.00
N3	0.00	54.34	26.34	0.00	N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	38.97	54.34	13.34	0.00	N7	3.95	53.87	12.87	0.00
N13	0.00	89.16	9.16	0.00	N13	0.00	88.95	8.95	0.00
N14	0.00	89.16	9.16	0.00	N14	0.00	88.95	8.95	0.00
N8	0.00	100.02	2.02	0.00	N8	0.00	100.25	2.25	0.00
N9	0.00	98.51	0.51	0.00	N9	0.00	98.75	0.75	0.00
N21	0.00	349.30	349.30	0.00	N21	0.00	349.35	349.35	0.00
N20	0.00	482.16	482.16	0.00	N20	0.00	482.21	482.21	0.00
N17	0.00	102.77	-13.23	0.00					
N16	0.00	102.77	-13.23	0.00					
N22	0.00	89.16	89.16	0.00					
N12	0.00	89.16	34.16	0.00					
N5	0.00	54.34	32.34	0.00					
N6	0.00	54.34	32.34	0.00					
T_1	-577.16	28.00	0.00	0.00 Reservoir					
R_Tocha	-40.61	89.16	3.16	0.00 Tank					
R_Fontinha	70.55	98.51	4.51	0.00 Tank					
R_Lemede	176.84	102.77	2.77	0.00 Tank					
R_Mira	-38.97	54.34	3.34	0.00 Tank					

Link Results at 5:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	261.98	0.76	1.69	Open	Tb_14	271.80	0.78	1.81	Open
Tb_3	38.97	0.34	0.75	Open	Tb_3	3.95	0.03	0.01	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	40.61	0.36	0.73	Open	Tb_11	48.42	0.43	1.01	Open
Tb_7	67.79	0.60	1.93	Open	Tb_7	65.73	0.58	1.82	Open
Tb_6	138.34	0.00	0.00	Open	Tb_6	138.29	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.34	0.56	26.07	Open	Tb_5	138.29	0.56	26.05	Open
Tb_1	138.34	0.54	1.41	Open	Tb_1	138.29	0.54	1.41	Open
Tb_16	438.82	0.62	19632.44	Open	Tb_16	438.76	0.62	19627.16	Open
Tb_13	438.82	0.00	0.00	Open	Tb_13	438.76	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.82	0.68	46.84	Open	Tb_12	438.76	0.68	46.83	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open

Page 34
Link Results at 5:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	138.34	0.00	-321.30	Open Pump	B.Fontinha	138.29	0.00	-321.35	Open Pump
B.Lemede	438.82	0.00	-473.80	Open Pump	B.Lemede	438.76	0.00	-473.83	Open Pump
B.Mirai1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mirai1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	138.34	0.54	1.51	Open Valve	V2	138.29	0.54	1.50	Open Valve
V4	438.82	0.62	0.00	Open Valve	V4	438.76	0.62	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 6:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.05	61.05	0.00	N11	0.00	88.82	59.82	0.00
N15	39.38	89.05	23.05	0.00	N15	38.14	88.82	22.82	0.00
N4	0.00	54.10	18.10	0.00	N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	349.33	321.33	0.00	N2	0.00	349.37	321.37	0.00
N10	66.05	98.62	24.62	0.00	N10	68.34	98.86	24.86	0.00
N1	0.00	561.81	473.81	0.00	N1	0.00	501.85	473.85	0.00
N18	258.66	102.84	6.84	0.00	N18	286.44	102.98	6.98	0.00
N3	0.00	54.10	26.10	0.00	N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	37.93	54.10	13.10	0.00	N7	38.03	53.84	12.84	0.00
N13	0.00	89.05	9.05	0.00	N13	0.00	88.82	8.82	0.00
N14	0.00	89.05	9.05	0.00	N14	0.00	88.82	8.82	0.00
N8	0.00	100.13	2.13	0.00	N8	0.00	100.38	2.38	0.00
N9	0.00	98.63	0.63	0.00	N9	0.00	98.87	0.87	0.00
N21	0.00	349.33	349.33	0.00	N21	0.00	349.37	349.37	0.00
N20	0.00	482.19	482.19	0.00	N20	0.00	482.23	482.23	0.00
N17	0.00	102.85	-13.15	0.00	N17	0.00	102.99	-13.01	0.00
N16	0.00	102.85	-13.15	0.00					
N22	0.00	89.05	89.05	0.00					
N12	0.00	89.05	34.05	0.00					
N5	0.00	54.10	32.10	0.00					
N6	0.00	54.10	32.10	0.00					
T_1	-577.10	28.00	0.00	0.00 Reservoir					
R_Tocha	-39.38	89.05	3.05	0.00 Tank					
R_Fontinha	72.26	98.63	4.63	0.00 Tank					
R_Lemede	180.13	102.85	2.85	0.00 Tank					
R_Mira	-37.93	54.10	3.10	0.00 Tank					

Page 35
Link Results at 6:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	258.66	0.75	1.65	Open	Tb_14	258.66	0.75	1.65	Open
Tb_3	37.93	0.34	0.71	Open	Tb_3	37.93	0.34	0.71	Open

N16	0.00	102.99	-13.01	0.00	ID	CMH	m	m		
N22	0.00	404.97	404.97	0.00	N11	0.00	405.45	377.45	0.00	
N12	0.00	279.09	224.09	0.00	N15	76.70	89.17	23.17	0.00	
N5	0.00	56.72	34.72	0.00	N4	0.00	134.78	98.78	0.00	
N6	0.00	53.85	31.85	0.00	N2	0.00	349.42	321.42	0.00	
T_1	-800.72	28.00	0.00	0.00	Reservoir	N10	113.30	99.07	25.07	0.00
R_Tocha	77.22	88.82	2.82	0.00	Tank	N1	0.00	501.88	473.88	0.00
R_Fontinha	69.92	98.87	4.87	0.00	Tank	N18	288.72	103.10	7.10	0.00
R_Lemede	152.29	102.99	2.99	0.00	Tank	N3	0.00	135.81	107.81	0.00
R_Mira	70.34	53.85	2.85	0.00	Tank	N7	75.03	54.47	13.47	0.00

Link Results at 6:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	286.44	0.83	2.01	Open	
Tb_3	38.03	0.34	0.71	Open	
Tb_10	115.36	0.00	0.00	Open	
Tb_11	38.14	0.34	0.65	Open	
Tb_7	68.34	0.60	1.96	Open	
Tb_6	138.26	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.37	1.00	5.52	Open	
Tb_5	138.26	0.56	26.04	Open	
Tb_1	138.26	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.73	0.62	19624.66	Open	
Tb_13	438.73	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.73	0.68	46.82	Open	
Tb_17	115.36	0.65	436.10	Open	
Tb_8	115.36	0.67	34.94	Open	
Tb_9	115.36	0.93	62.04	Open	

Page 38

Link Results at 6:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	108.37	0.64	31.19	Open	
Tb_19	108.37	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.36	0.00	-377.41	Open Pump	
B_Fontinha	138.26	0.00	-321.37	Open Pump	
B_Lemede	438.73	0.00	-473.85	Open Pump	
B_Mirai	54.18	0.00	-107.69	Open Pump	
B_Mirai2	54.18	0.00	-107.69	Open Pump	
V3	115.36	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.26	0.54	1.50	Open Valve	
V4	438.73	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.37	0.61	2.87	Open Valve	

Node Results at 6:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure	Quality	
N11	0.00	405.43	377.43	0.00	
N15	57.25	89.02	23.02	0.00	
N4	0.00	134.74	98.74	0.00	
N2	0.00	349.39	321.39	0.00	
N10	74.09	98.98	24.98	0.00	
N1	0.00	501.87	473.87	0.00	
N18	289.97	103.04	7.04	0.00	
N3	0.00	135.78	107.78	0.00	
N7	74.31	54.27	13.27	0.00	
N13	0.00	90.33	10.33	0.00	
N14	0.00	89.02	9.02	0.00	
N8	0.00	100.49	2.49	0.00	
N9	0.00	98.99	0.99	0.00	
N21	0.00	349.39	349.39	0.00	
N20	0.00	482.25	482.25	0.00	
N17	0.00	103.05	-12.95	0.00	
N16	0.00	103.05	-12.95	0.00	
N22	0.00	405.00	405.00	0.00	
N12	0.00	279.19	224.19	0.00	
N5	0.00	57.14	35.14	0.00	
N6	0.00	54.28	32.28	0.00	
T_1	-800.40	28.00	0.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	58.07	89.02	3.02	0.00	Tank
R_Fontinha	64.14	98.99	4.99	0.00	Tank
R_Lemede	148.73	103.05	3.05	0.00	Tank
R_Mira	33.82	54.28	3.28	0.00	Tank

Page 39

Link Results at 6:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	289.97	0.84	2.06	Open	
Tb_3	74.31	0.66	2.59	Open	
Tb_10	115.33	0.00	0.00	Open	
Tb_11	57.25	0.51	1.39	Open	
Tb_7	74.09	0.66	2.28	Open	
Tb_6	138.24	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.13	1.00	5.50	Open	
Tb_5	138.24	0.56	26.03	Open	
Tb_1	138.24	0.54	1.38	Open	
Tb_16	438.71	0.62	19622.43	Open	
Tb_13	438.71	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.71	0.68	46.81	Open	
Tb_17	115.33	0.65	435.84	Open	
Tb_8	115.33	0.67	34.92	Open	
Tb_9	115.33	0.92	62.00	Open	
Tb_18	108.13	0.64	31.06	Open	
Tb_19	108.13	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.33	0.00	-377.43	Open Pump	
B_Fontinha	138.24	0.00	-321.39	Open Pump	
B_Lemede	438.71	0.00	-473.87	Open Pump	
B_Mirai	54.07	0.00	-107.78	Open Pump	
B_Mirai2	54.07	0.00	-107.78	Open Pump	
V3	115.33	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.24	0.54	1.50	Open Valve	
V4	438.71	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.13	0.61	2.86	Open Valve	

Node Results at 7:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure	Quality	
N11	0.00	405.45	377.45	0.00	
N15	47.08	89.28	23.28	0.00	
N4	0.00	134.82	98.82	0.00	
N2	0.00	349.42	321.42	0.00	
N10	109.41	99.11	25.11	0.00	
N1	0.00	501.90	473.90	0.00	
N18	276.68	103.16	7.16	0.00	
N3	0.00	135.85	107.85	0.00	
N7	73.94	54.68	13.68	0.00	
N13	0.00	91.19	11.19	0.00	
N14	0.00	89.28	9.28	0.00	
N8	0.00	100.64	2.64	0.00	
N9	0.00	99.14	1.14	0.00	
N21	0.00	349.42	349.42	0.00	
N20	0.00	482.28	482.28	0.00	
N17	0.00	103.17	-12.83	0.00	
N16	0.00	103.17	-12.83	0.00	
N22	0.00	405.03	405.03	0.00	
N12	0.00	279.32	224.32	0.00	
N5	0.00	57.54	35.54	0.00	
N6	0.00	54.69	32.69	0.00	
T_1	-800.06	28.00	0.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	68.21	89.28	3.28	0.00	Tank
R_Fontinha	28.79	99.14	5.14	0.00	Tank
R_Lemede	161.97	103.17	3.17	0.00	Tank
R_Mira	33.98	54.69	3.69	0.00	Tank

Page 41

Node Results at 7:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure	Quality	
N11	0.00	405.45	377.45	0.00	
N15	47.08	89.28	23.28	0.00	
N4	0.00	134.82	98.82	0.00	
N2	0.00	349.42	321.42	0.00	
N10	109.41	99.11	25.11	0.00	
N1	0.00	501.90	473.90	0.00	
N18	276.68	103.16	7.16	0.00	
N3	0.00	135.85	107.85	0.00	
N7	73.94	54.68	13.68	0.00	
N13	0.00	91.19	11.19	0.00	
N14	0.00	89.28	9.28	0.00	
N8	0.00	100.64	2.64	0.00	
N9	0.00	99.14	1.14	0.00	
N21	0.00	349.42	349.42	0.00	
N20	0.00	482.28	482.28	0.00	
N17	0.00	103.17	-12.83	0.00	
N16	0.00	103.17	-12.83	0.00	
N22	0.00	405.03	405.03	0.00	
N12	0.00	279.32	224.32	0.00	
N5	0.00	57.54	35.54	0.00	
N6	0.00	54.69	32.69	0.00	
T_1	-800.06	28.00	0.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	68.21	89.28	3.28	0.00	Tank
R_Fontinha	28.79	99.14	5.14	0.00	Tank
R_Lemede	161.97	103.17	3.17	0.00	Tank
R_Mira	33.98	54.69	3.69	0.00	Tank

Link Results at 7:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	276.68	0.80	1.88	Open	
Tb_3	73.94	0.65	2.56	Open	
Tb_10	115.29	0.00	0.00	Open	
Tb_11	47.08	0.42	0.96	Open	
Tb_7	109.41	0.97	4.82	Open	
Tb_6	138.20	0.00	0.00	Open	
Tb_20	107.91	0.99	5.47	Open	
Tb_5	138.20	0.56	26.02	Open	
Tb_1	138.20	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.66	0.62	19618.00	Open	
Tb_13	438.66	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.66	0.68	46.80	Open	

Tb_17	115.29	0.65	435.55	Open	N12	0.00	279.49	224.49	0.00
Tb_8	115.29	0.67	34.90	Open	N5	0.00	57.62	35.62	0.00
Tb_9	115.29	0.92	61.96	Open	N6	0.00	54.78	32.78	0.00

Page 42
Link Results at 7:15 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link Results at 7:45 Hrs:	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	107.91	0.64	30.93	Open	Tb_14	367.16	1.06	3.26	Open
Tb_19	107.91	0.00	0.00	Open	Tb_3	52.03	0.46	1.30	Open
B.Tocha	115.29	0.00	-377.47	Open Pump	Tb_10	115.23	0.00	0.00	Open
B.Fontinha	138.20	0.00	-321.42	Open Pump	Tb_11	56.94	0.50	1.37	Open
B.Lemede	438.66	0.00	-473.90	Open Pump	Tb_7	86.87	0.77	3.10	Open
B.Mirai	53.96	0.00	-107.85	Open Pump	Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
B.Mirai2	53.96	0.00	-107.85	Open Pump	Tb_20	107.87	0.99	5.47	Open
V3	115.29	1.02	1.91	Open Valve	Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
V2	138.20	0.54	1.50	Open Valve	Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
V4	438.66	0.62	0.00	Open Valve	Tb_16	438.60	0.62	19613.31	Open
V1	107.91	0.61	2.85	Open Valve	Tb_13	438.60	0.00	0.00	Open

Node Results at 7:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.49	377.49	0.00
N15	44.97	89.46	23.46	0.00
N4	0.00	134.06	98.06	0.00
N2	0.00	99.18	71.18	0.00
N10	82.21	99.17	25.17	0.00
N1	0.00	501.92	473.92	0.00
N18	283.31	103.23	7.23	0.00
N3	0.00	135.89	107.89	0.00
N7	75.28	54.88	13.88	0.00
N13	0.00	91.37	11.37	0.00
N14	0.00	89.46	9.46	0.00
N8	0.00	99.18	1.18	0.00
N9	0.00	99.18	1.18	0.00
N21	0.00	99.18	99.18	0.00
N20	0.00	482.30	482.30	0.00
N17	0.00	103.24	-12.76	0.00
N16	0.00	103.24	-12.76	0.00
N22	0.00	405.06	405.06	0.00
N12	0.00	279.40	224.40	0.00
N5	0.00	57.74	35.74	0.00
N6	0.00	54.90	32.90	0.00
T_1	-661.69	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	70.28	89.46	3.46	0.00 Tank
R.Fontinha	-82.21	99.18	5.18	0.00 Tank
R.Lemede	155.32	103.24	3.24	0.00 Tank
R.Mira	32.52	54.90	3.90	0.00 Tank

Page 45
Node Results at 8:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.53	377.53	0.00
N15	82.89	89.79	23.79	0.00
N4	0.00	54.89	18.89	0.00
N2	0.00	98.90	70.90	0.00
N10	89.20	98.89	24.89	0.00
N1	0.00	501.94	473.94	0.00
N18	208.42	103.32	7.32	0.00
N3	0.00	54.89	26.89	0.00
N7	0.05	54.89	13.89	0.00
N13	0.00	91.71	11.71	0.00
N14	0.00	89.81	9.81	0.00
N8	0.00	98.90	0.90	0.00
N9	0.00	98.90	0.90	0.00
N21	0.00	98.90	98.90	0.00
N20	0.00	482.33	482.33	0.00
N17	0.00	103.33	-12.67	0.00
N16	0.00	103.33	-12.67	0.00
N22	0.00	405.10	405.10	0.00
N12	0.00	279.57	224.57	0.00
N5	0.00	54.89	32.89	0.00
N6	0.00	54.89	32.89	0.00
T_1	-553.00	25.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	32.32	89.81	3.81	0.00 Tank
R.Fontinha	-89.20	98.90	4.90	0.00 Tank
R.Lemede	230.17	103.33	3.33	0.00 Tank
R.Mira	-0.05	54.89	3.89	0.00 Tank

Link Results at 8:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	208.42	0.60	1.08	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	Open
Tb_10	115.20	0.00	0.00	Open
Tb_11	82.89	0.73	2.00	Open
Tb_7	89.20	0.79	3.26	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	438.59	0.62	19612.24	Open
Tb_13	438.59	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.59	0.68	46.79	Open
Tb_17	115.20	0.65	434.88	Open
Tb_8	115.20	0.67	34.85	Open
Tb_9	115.20	0.92	61.87	Open

Page 46
Link Results at 8:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.20	0.00	-377.53	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	438.59	0.00	-473.94	Open Pump
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.20	1.02	1.90	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	438.59	0.62	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 8:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.30	-12.70	0.00
N16	0.00	103.30	-12.70	0.00
N22	0.00	405.08	405.08	0.00

Page 43
Link Results at 7:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	283.31	0.82	1.97	Open
Tb_3	75.28	0.67	2.65	Open
Tb_10	115.26	0.00	0.00	Open
Tb_11	44.97	0.40	0.88	Open
Tb_7	82.21	0.73	2.79	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	107.80	0.99	5.46	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	438.63	0.62	19615.62	Open
Tb_13	438.63	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.63	0.68	46.80	Open
Tb_17	115.26	0.65	435.32	Open
Tb_8	115.26	0.67	34.88	Open
Tb_9	115.26	0.92	61.93	Open
Tb_18	107.80	0.64	30.87	Open
Tb_19	107.80	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.26	0.00	-377.49	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	438.63	0.00	-473.92	Open Pump
B.Mirai	53.90	0.00	-107.89	Open Pump
B.Mirai2	53.90	0.00	-107.89	Open Pump
V3	115.26	1.02	1.90	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	438.63	0.62	0.00	Open Valve
V1	107.80	0.61	2.84	Open Valve

Node Results at 7:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.51	377.51	0.00
N15	56.94	89.64	23.64	0.00
N4	0.00	134.84	98.84	0.00
N2	0.00	99.05	71.05	0.00
N10	86.87	99.03	25.03	0.00
N1	0.00	501.93	473.93	0.00
N18	367.16	103.28	7.28	0.00
N3	0.00	135.87	107.87	0.00
N7	52.03	54.77	13.77	0.00
N13	0.00	91.55	11.55	0.00
N14	0.00	89.65	9.65	0.00
N8	0.00	99.05	1.05	0.00
N9	0.00	99.05	1.05	0.00
N21	0.00	99.05	99.05	0.00
N20	0.00	482.32	482.32	0.00

Page 44
Node Results at 7:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.30	-12.70	0.00
N16	0.00	103.30	-12.70	0.00
N22	0.00	405.08	405.08	0.00

N11	0.00	405.55	377.55	0.00	Tb_9	115.17	0.92	61.84	Open
N15	76.35	89.88	23.88	0.00	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
N4	0.00	54.89	18.89	0.00	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
N2	0.00	98.75	70.75	0.00	B.Tocha	115.17	0.00	-377.56	Open Pump
N10	93.11	98.74	24.74	0.00	B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N1	0.00	501.96	473.96	0.00	B.Lemede	438.53	0.00	-473.96	Open Pump
N18	72.05	103.42	7.42	0.00	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N3	0.00	54.89	26.89	0.00	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N7	16.77	54.89	13.89	0.00	V3	115.17	1.02	1.90	Open Valve
N13	0.00	91.79	11.79	0.00	V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N14	0.00	89.89	9.89	0.00	V4	438.53	0.62	0.00	Open Valve
N8	0.00	98.75	0.75	0.00	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N9	0.00	98.75	0.75	0.00					
N21	0.00	98.75	98.75	0.00					
N20	0.00	482.36	482.36	0.00					
N17	0.00	103.42	-12.58	0.00					
N16	0.00	103.42	-12.58	0.00					
N22	0.00	405.11	405.11	0.00					
N12	0.00	279.61	224.61	0.00					
N5	0.00	54.89	32.89	0.00					
N6	0.00	54.89	32.89	0.00					
T_1	-553.74	28.00	0.00	0.00	Reservoir				
R_Tocha	38.84	89.89	3.89	0.00	Tank				
R_Fontinha	-93.11	98.75	4.75	0.00	Tank				
R_Lemede	366.51	103.42	3.42	0.00	Tank				
R_Mira	-16.77	54.89	3.89	0.00	Tank				

Page 49
Node Results at 8:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.58	377.58	0.00
N15	134.55	90.09	24.09	0.00
N4	0.00	54.54	18.54	0.00
N2	0.00	98.43	70.43	0.00
N10	96.95	98.42	24.42	0.00
N1	0.00	501.97	473.97	0.00
N18	243.95	103.42	7.42	0.00
N3	0.00	54.54	26.54	0.00
N7	39.37	54.53	13.53	0.00
N13	0.00	92.03	12.03	0.00
N14	0.00	90.12	10.12	0.00
N8	0.00	98.43	0.43	0.00
N9	0.00	98.43	0.43	0.00
N21	0.00	98.43	98.43	0.00
N20	0.00	482.36	482.36	0.00
N17	0.00	103.43	-12.57	0.00
N16	0.00	103.43	-12.57	0.00
N22	0.00	405.14	405.14	0.00
N12	0.00	279.72	224.72	0.00
N5	0.00	54.54	32.54	0.00
N6	0.00	54.54	32.54	0.00
T_1	-553.70	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	-19.40	90.12	4.12	0.00
R_Fontinha	-96.95	98.43	4.43	0.00
R_Lemede	194.60	103.43	3.43	0.00
R_Mira	-39.37	54.54	3.54	0.00

Link Results at 8:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	243.95	0.70	1.47	Open
Tb_3	39.37	0.35	0.76	Open
Tb_10	115.15	0.00	0.00	Open
Tb_11	134.55	1.19	7.10	Open
Tb_7	96.95	0.86	3.82	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	438.55	0.62	19608.48	Open
Tb_13	438.55	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.55	0.68	46.78	Open
Tb_17	115.15	0.65	434.50	Open
Tb_8	115.15	0.67	34.82	Open
Tb_9	115.15	0.92	61.82	Open

Page 50
Link Results at 8:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.15	0.00	-377.58	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	438.53	0.00	-473.97	Open Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.15	1.02	1.90	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	438.55	0.62	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 9:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	90.07	62.07	0.00
N15	75.75	90.06	24.06	0.00
N4	0.00	54.29	18.29	0.00
N2	0.00	98.27	70.27	0.00
N10	97.40	98.25	24.25	0.00
N1	0.00	103.49	75.49	0.00
N18	191.02	103.48	7.48	0.00
N3	0.00	54.29	26.29	0.00
N7	43.13	54.29	13.29	0.00
N13	0.00	90.07	10.07	0.00
N14	0.00	90.07	10.07	0.00
N8	0.00	98.27	0.27	0.00
N9	0.00	98.27	0.27	0.00
N21	0.00	98.27	98.27	0.00
N20	0.00	103.49	103.49	0.00
N17	0.00	103.49	-12.51	0.00
N16	0.00	103.49	-12.51	0.00
N22	0.00	90.07	90.07	0.00
N12	0.00	90.07	35.07	0.00
N5	0.00	54.29	32.29	0.00
N6	0.00	54.29	32.29	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	-75.75	90.07	4.07	0.00
R_Fontinha	-97.40	98.27	4.27	0.00
R_Lemede	-191.02	103.49	3.49	0.00
R_Mira	-43.13	54.29	3.29	0.00

Page 47
Link Results at 8:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	72.05	0.21	0.14	Open
Tb_3	16.77	0.15	0.15	Open
Tb_10	115.19	0.00	0.00	Open
Tb_11	76.35	0.68	2.39	Open
Tb_7	93.11	0.82	3.54	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	438.55	0.62	19608.81	Open
Tb_13	438.55	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.55	0.68	46.78	Open
Tb_17	115.19	0.65	434.80	Open
Tb_8	115.19	0.67	34.84	Open
Tb_9	115.19	0.92	61.86	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.19	0.00	-377.55	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	438.55	0.00	-473.96	Open Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.19	1.02	1.90	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	438.55	0.62	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 8:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.56	377.56	0.00
N15	67.05	89.99	23.99	0.00
N4	0.00	54.79	18.79	0.00
N2	0.00	98.60	70.60	0.00
N10	97.55	98.58	24.58	0.00
N1	0.00	501.98	473.98	0.00
N18	376.67	103.47	7.47	0.00
N3	0.00	54.79	26.79	0.00
N7	40.72	54.78	13.78	0.00
N13	0.00	91.90	11.90	0.00
N14	0.00	90.00	10.00	0.00
N8	0.00	98.60	0.60	0.00
N9	0.00	98.60	0.60	0.00
N21	0.00	98.60	98.60	0.00
N20	0.00	482.37	482.37	0.00

Page 48
Node Results at 8:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.49	-12.51	0.00
N16	0.00	103.49	-12.51	0.00
N22	0.00	405.12	405.12	0.00
N12	0.00	279.66	224.66	0.00
N5	0.00	54.79	32.79	0.00
N6	0.00	54.79	32.79	0.00
T_1	-553.70	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	48.12	90.00	4.00	0.00
R_Fontinha	-97.55	98.60	4.60	0.00
R_Lemede	61.85	103.49	3.49	0.00
R_Mira	-40.72	54.79	3.79	0.00

Link Results at 8:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	376.67	1.09	3.43	Open
Tb_3	40.72	0.36	0.81	Open
Tb_10	115.17	0.00	0.00	Open
Tb_11	67.05	0.59	1.87	Open
Tb_7	97.55	0.86	3.87	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	438.53	0.62	19606.47	Open
Tb_13	438.53	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.53	0.68	46.78	Open
Tb_17	115.17	0.65	434.65	Open
Tb_8	115.17	0.67	34.83	Open

Page 51
Link Results at 9:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status					
Tb_14	191.02	0.55	0.92	Open	N3	0.00	53.80	25.80	0.00
Tb_3	43.13	0.38	0.91	Open	N7	26.37	53.80	12.80	0.00
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	N13	0.00	89.73	9.73	0.00
Tb_11	75.75	0.67	2.36	Open	N14	0.00	89.73	9.73	0.00
Tb_7	97.40	0.86	3.85	Open	N8	0.00	97.95	-0.05	0.00
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	N9	0.00	97.95	-0.05	0.00
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N21	0.00	97.95	97.95	0.00
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	N20	0.00	103.32	103.32	0.00
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	N17	0.00	103.32	-12.68	0.00
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	N16	0.00	103.32	-12.68	0.00
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	N22	0.00	89.73	89.73	0.00
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	N12	0.00	89.73	34.73	0.00
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	N5	0.00	53.80	31.80	0.00
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	N6	0.00	53.80	31.80	0.00
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	R_Tochoa	-52.07	89.73	3.73	0.00 Tank
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	R_Fontinha	-97.02	97.95	3.95	0.00 Tank
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	R_Lemede	-208.92	103.32	3.32	0.00 Tank
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	R_Mira	-26.37	53.80	2.80	0.00 Tank
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve					

Link Results at 9:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	208.92	0.60	1.09	Open
Tb_3	26.37	0.23	0.36	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	52.07	0.46	1.16	Open
Tb_7	97.02	0.86	3.83	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open

Node Results at 9:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.87	61.87	0.00
N15	53.48	89.86	23.86	0.00
N4	0.00	54.03	18.03	0.00
N2	0.00	98.11	70.11	0.00
N10	95.07	98.09	24.09	0.00
N1	0.00	103.41	75.41	0.00
N18	212.29	103.40	7.40	0.00
N3	0.00	54.03	26.03	0.00
N7	37.61	54.03	13.03	0.00
N13	0.00	89.87	9.87	0.00
N14	0.00	89.87	9.87	0.00
N8	0.00	98.11	0.11	0.00
N9	0.00	98.11	0.11	0.00
N21	0.00	98.11	98.11	0.00
N20	0.00	103.41	103.41	0.00

Page 54
Link Results at 9:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 52
Node Results at 9:15 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.41	-12.59	0.00
N16	0.00	103.41	-12.59	0.00
N22	0.00	89.87	89.87	0.00
N12	0.00	89.87	34.87	0.00
N5	0.00	54.03	32.03	0.00
N6	0.00	54.03	32.03	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-53.48	89.87	3.87	0.00 Tank
R_Fontinha	-95.07	98.11	4.11	0.00 Tank
R_Lemede	-212.29	103.41	3.41	0.00 Tank
R_Mira	-37.61	54.03	3.03	0.00 Tank

Node Results at 9:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.59	61.59	0.00
N15	52.19	89.58	23.58	0.00
N4	0.00	134.61	98.61	0.00
N2	0.00	97.79	69.79	0.00
N10	98.00	97.77	23.77	0.00
N1	0.00	103.24	75.24	0.00
N18	249.35	103.23	7.23	0.00
N3	0.00	135.65	107.65	0.00
N7	45.85	53.63	12.63	0.00
N13	0.00	89.59	9.59	0.00
N14	0.00	89.59	9.59	0.00
N8	0.00	97.79	-0.21	0.00
N9	0.00	97.79	-0.21	0.00
N21	0.00	97.79	97.79	0.00
N20	0.00	103.24	103.24	0.00
N17	0.00	103.24	-12.76	0.00
N16	0.00	103.24	-12.76	0.00
N22	0.00	89.59	89.59	0.00
N12	0.00	89.59	34.59	0.00
N5	0.00	56.52	34.52	0.00
N6	0.00	53.64	31.64	0.00
T_1	-108.48	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-52.19	89.59	3.59	0.00 Tank
R_Fontinha	-98.00	97.79	3.79	0.00 Tank
R_Lemede	-249.35	103.24	3.24	0.00 Tank
R_Mira	62.63	53.64	2.64	0.00 Tank

Link Results at 9:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	212.29	0.61	1.12	Open
Tb_3	37.61	0.33	0.70	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	53.48	0.47	1.22	Open
Tb_7	95.07	0.84	3.68	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 55
Link Results at 9:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	249.35	0.72	1.53	Open
Tb_3	45.85	0.41	1.02	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	52.19	0.46	1.16	Open
Tb_7	98.00	0.87	3.90	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.48	1.00	5.53	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	108.48	0.64	31.26	Open
Tb_19	108.48	0.00	0.00	Open
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	54.24	0.00	-107.65	Open Pump

Page 53
Node Results at 9:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.73	61.73	0.00
N15	52.07	89.72	23.72	0.00
N4	0.00	53.80	17.80	0.00
N2	0.00	97.95	69.95	0.00
N10	97.02	97.93	23.93	0.00
N1	0.00	103.32	75.32	0.00
N18	208.92	103.32	7.32	0.00

B.Mira2	54.24	0.00	-107.65	Open Pump	Tb_11	88.38	0.78	3.17	Open
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_7	96.35	0.85	3.78	Open
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_20	108.16	1.00	5.50	Open
V1	108.48	0.61	2.88	Open Valve	Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open

Node Results at 10:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.45	61.45	0.00
N15	63.91	89.44	23.44	0.00
N4	0.00	134.69	98.69	0.00
N2	0.00	97.62	69.62	0.00
N10	93.64	97.61	23.61	0.00
N1	0.00	103.14	75.14	0.00
N18	263.04	103.13	7.13	0.00
N3	0.00	135.73	107.73	0.00
N7	74.92	54.01	13.01	0.00
N13	0.00	89.45	9.45	0.00
N14	0.00	89.45	9.45	0.00
N8	0.00	97.62	-0.38	0.00
N9	0.00	97.62	-0.38	0.00
N21	0.00	97.62	97.62	0.00
N20	0.00	103.14	103.14	0.00

Page 56
Node Results at 10:00 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.14	-12.86	0.00
N16	0.00	103.14	-12.86	0.00
N22	0.00	89.45	89.45	0.00
N12	0.00	89.45	34.45	0.00
N5	0.00	56.89	34.89	0.00
N6	0.00	54.02	32.02	0.00
T_1	-108.27	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-63.91	89.45	3.45	0.00 Tank
R_Fontinha	-93.64	97.62	3.62	0.00 Tank
R_Lemede	-263.04	103.14	3.14	0.00 Tank
R_Mira	33.35	54.02	3.02	0.00 Tank

Link Results at 10:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	263.04	0.76	1.70	Open	
Tb_3	74.92	0.66	2.63	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	63.91	0.57	1.71	Open	
Tb_7	93.64	0.83	3.57	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.27	1.00	5.51	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	108.27	0.64	31.14	Open	
Tb_19	108.27	0.60	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira1	54.14	0.00	-107.73	Open Pump	
B.Mira2	54.14	0.00	-107.73	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	108.27	0.61	2.87	Open Valve	

Page 57
Node Results at 10:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.28	61.28	0.00
N15	88.38	89.26	23.26	0.00
N4	0.00	134.73	98.73	0.00
N2	0.00	97.47	69.47	0.00
N10	96.35	97.45	23.45	0.00
N1	0.00	103.03	75.03	0.00
N18	266.41	103.02	7.02	0.00
N3	0.00	135.77	107.77	0.00
N7	76.93	54.21	13.21	0.00
N13	0.00	89.28	9.28	0.00
N14	0.00	89.28	9.28	0.00
N8	0.00	97.47	-0.53	0.00
N9	0.00	97.47	-0.53	0.00
N21	0.00	97.47	97.47	0.00
N20	0.00	103.03	103.03	0.00
N17	0.00	103.03	-12.97	0.00
N16	0.00	103.03	-12.97	0.00
N22	0.00	89.28	89.28	0.00
N12	0.00	89.28	34.28	0.00
N5	0.00	57.09	35.09	0.00
N6	0.00	54.23	32.23	0.00
T_1	-108.16	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-88.38	89.28	3.28	0.00 Tank
R_Fontinha	-96.35	97.47	3.47	0.00 Tank
R_Lemede	-266.41	103.03	3.03	0.00 Tank
R_Mira	31.23	54.23	3.23	0.00 Tank

Link Results at 10:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	266.41	0.77	1.75	Open	
Tb_3	76.93	0.68	2.77	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	

Page 58
Link Results at 10:15 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	108.16	0.64	31.07	Open	
Tb_19	108.16	0.60	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira1	54.08	0.00	-107.77	Open Pump	
B.Mira2	54.08	0.00	-107.77	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	108.16	0.61	2.86	Open Valve	

Node Results at 10:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.04	61.04	0.00
N15	71.30	89.03	23.03	0.00
N4	0.00	134.77	98.77	0.00
N2	0.00	97.31	69.31	0.00
N10	100.63	97.29	23.29	0.00
N1	0.00	102.92	74.92	0.00
N18	256.09	102.91	6.91	0.00
N3	0.00	135.80	107.80	0.00
N7	73.98	54.40	13.40	0.00
N13	0.00	89.04	9.04	0.00
N14	0.00	89.04	9.04	0.00
N8	0.00	97.31	-0.69	0.00
N9	0.00	97.31	-0.69	0.00
N21	0.00	97.31	97.31	0.00
N20	0.00	102.92	102.92	0.00
N17	0.00	102.92	-13.08	0.00
N16	0.00	102.92	-13.08	0.00
N22	0.00	89.04	89.04	0.00
N12	0.00	89.04	34.04	0.00
N5	0.00	57.27	35.27	0.00
N6	0.00	54.42	32.42	0.00
T_1	-108.06	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	-71.30	89.04	3.04	0.00 Tank
R_Fontinha	-100.63	97.31	3.31	0.00 Tank
R_Lemede	-256.09	102.92	2.92	0.00 Tank
R_Mira	34.08	54.42	3.42	0.00 Tank

Page 59
Link Results at 10:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	256.09	0.74	1.62	Open	
Tb_3	73.98	0.65	2.56	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	71.30	0.63	2.10	Open	
Tb_7	100.63	0.89	4.10	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.06	0.99	5.49	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	108.06	0.64	31.02	Open	
Tb_19	108.06	0.60	0.00	Open	
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira1	54.03	0.00	-107.80	Open Pump	
B.Mira2	54.03	0.00	-107.80	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	108.06	0.61	2.86	Open Valve	

Node Results at 10:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.85	60.85	0.00
N15	75.37	88.84	22.84	0.00
N4	0.00	134.81	98.81	0.00
N2	0.00	97.14	69.14	0.00
N10	98.75	97.12	23.12	0.00
N1	0.00	102.82	74.82	0.00
N18	259.67	102.81	6.81	0.00
N3	0.00	135.84	107.84	0.00
N7	85.17	54.61	13.61	0.00
N13	0.00	88.85	8.85	0.00
N14	0.00	88.85	8.85	0.00
N8	0.00	97.14	-0.86	0.00
N9	0.00	97.14	-0.86	0.00
N21	0.00	97.14	97.14	0.00
N20	0.00	102.82	102.82	0.00

Page 60
Node Results at 10:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.82	-13.18	0.00
N16	0.00	102.82	-13.18	0.00
N22	0.00	88.85	88.85	0.00
N12	0.00	88.85	33.85	0.00
N5	0.00	57.48	35.48	0.00
N6	0.00	54.63	32.63	0.00
T_1	-107.95	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-75.37	88.85	2.85	0.00 Tank
R_Fontinha	-98.75	97.14	3.14	0.00 Tank
R_Lemedede	-259.67	102.82	2.82	0.00 Tank
R_Mira	22.78	54.63	3.63	0.00 Tank

V2 0.00 0.00 0.00 Open Valve
V4 0.00 0.00 0.00 Open Valve
V1 107.87 0.61 2.85 Open Valve

Node Results at 11:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.40	60.40	0.00
N15	83.53	88.39	22.39	0.00
N4	0.00	54.93	18.93	0.00
N2	0.00	96.81	68.81	0.00
N10	93.49	96.79	22.79	0.00
N1	0.00	102.61	74.61	0.00
N18	271.89	102.60	6.60	0.00
N5	0.00	54.93	26.93	0.00
N7	29.57	54.93	13.93	0.00
N13	0.00	88.40	8.40	0.00
N14	0.00	88.40	8.40	0.00
N8	0.00	96.81	-1.19	0.00
N9	0.00	96.81	-1.19	0.00
N21	0.00	96.81	96.81	0.00
N20	0.00	102.61	102.61	0.00
N17	0.00	102.61	-13.39	0.00
N16	0.00	102.61	-13.39	0.00
N22	0.00	88.40	88.40	0.00
N12	0.00	88.40	33.40	0.00
N5	0.00	54.93	32.93	0.00
N6	0.00	54.93	32.93	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-83.53	88.40	2.40	0.00 Tank
R_Fontinha	-93.49	96.81	2.81	0.00 Tank
R_Lemedede	-271.89	102.61	2.61	0.00 Tank
R_Mira	-29.57	54.93	3.93	0.00 Tank

Link Results at 10:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	259.67	0.75	1.66	Open	
Tb_3	85.17	0.75	3.37	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	75.37	0.67	2.34	Open	
Tb_7	98.75	0.87	3.96	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	107.95	0.99	5.48	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	107.95	0.64	30.95	Open	
Tb_19	107.95	0.00	0.00	Open	
B_Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Lemedede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Mira1	53.97	0.00	-107.84	Open Pump	
B_Mira2	53.97	0.00	-107.84	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	107.95	0.61	2.85	Open Valve	

Page 63
Link Results at 11:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	271.89	0.78	1.82	Open	
Tb_3	29.57	0.26	0.44	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	83.53	0.74	2.84	Open	
Tb_7	93.49	0.83	3.56	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B_Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Lemedede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Page 61
Node Results at 11:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.65	60.65	0.00
N15	94.60	88.64	22.64	0.00
N4	0.00	134.84	98.84	0.00
N2	0.00	96.97	68.97	0.00
N10	97.10	96.95	22.95	0.00
N1	0.00	102.71	74.71	0.00
N18	261.57	102.70	6.70	0.00
N3	0.00	135.87	107.87	0.00
N7	19.87	54.77	13.77	0.00
N13	0.00	88.65	8.65	0.00
N14	0.00	88.65	8.65	0.00
N8	0.00	96.97	-1.03	0.00
N9	0.00	96.97	-1.03	0.00
N21	0.00	96.97	96.97	0.00
N20	0.00	102.71	102.71	0.00
N17	0.00	102.71	-13.29	0.00
N16	0.00	102.71	-13.29	0.00
N22	0.00	88.65	88.65	0.00
N12	0.00	88.65	33.65	0.00
N5	0.00	57.61	35.61	0.00
N6	0.00	54.77	32.77	0.00
T_1	-107.87	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-94.60	88.65	2.65	0.00 Tank
R_Fontinha	-97.10	96.97	2.97	0.00 Tank
R_Lemedede	-261.57	102.71	2.71	0.00 Tank
R_Mira	88.00	54.77	3.77	0.00 Tank

Node Results at 11:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.18	60.18	0.00
N15	64.26	88.17	22.17	0.00
N4	0.00	54.75	18.75	0.00
N2	0.00	96.66	68.66	0.00
N10	96.05	96.64	22.64	0.00
N1	0.00	102.50	74.50	0.00
N18	286.84	102.49	6.49	0.00
N3	0.00	54.75	26.75	0.00
N7	40.77	54.74	13.74	0.00
N13	0.00	88.18	8.18	0.00
N14	0.00	88.18	8.18	0.00
N8	0.00	96.66	-1.34	0.00
N9	0.00	96.66	-1.34	0.00
N21	0.00	96.66	96.66	0.00
N20	0.00	102.50	102.50	0.00

Link Results at 11:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	261.57	0.76	1.69	Open	
Tb_3	19.87	0.18	0.21	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	94.60	0.84	3.61	Open	
Tb_7	97.10	0.86	3.83	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	107.87	0.99	5.47	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	

Page 64
Node Results at 11:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.50	-13.50	0.00
N16	0.00	102.50	-13.50	0.00
N22	0.00	88.18	88.18	0.00
N12	0.00	88.18	33.18	0.00
N5	0.00	54.75	32.75	0.00
N6	0.00	54.75	32.75	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-64.26	88.18	2.18	0.00 Tank
R_Fontinha	-96.05	96.66	2.66	0.00 Tank
R_Lemedede	-286.84	102.50	2.50	0.00 Tank
R_Mira	-40.77	54.75	3.75	0.00 Tank

Page 62
Link Results at 11:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	107.87	0.64	30.91	Open	
Tb_19	107.87	0.00	0.00	Open	
B_Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Lemedede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B_Mira1	53.94	0.00	-107.87	Open Pump	
B_Mira2	53.94	0.00	-107.87	Open Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Link Results at 11:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	286.84	0.83	2.01	Open	
Tb_3	40.77	0.36	0.82	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	64.26	0.57	1.73	Open	
Tb_7	96.05	0.85	3.75	Open	

Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	N5	0.00	54.25	32.25	0.00
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N6	0.00	54.25	32.25	0.00
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	T_1	-554.55	28.00	0.00	0.00 Reservoir
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	R_Tochoa	15.01	87.80	1.80	0.00 Tank
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	R_Fontinha	-99.28	96.34	2.34	0.00 Tank
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	R_Lemedede	182.53	102.27	2.27	0.00 Tank
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	R_Mira	-40.79	54.25	3.25	0.00 Tank
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open					
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Lemedede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve					
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve					

Page 65
Node Results at 11:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.01	60.01	0.00
N15	78.25	88.00	22.00	0.00
N4	0.00	54.50	18.50	0.00
N2	0.00	96.49	68.49	0.00
N10	93.19	96.48	22.48	0.00
N1	0.00	102.38	74.38	0.00
N18	271.47	102.37	6.37	0.00
N3	0.00	54.50	26.50	0.00
N7	39.84	54.49	13.49	0.00
N13	0.00	88.01	8.01	0.00
N14	0.00	88.01	8.01	0.00
N8	0.00	96.49	-1.51	0.00
N9	0.00	96.49	-1.51	0.00
N21	0.00	96.49	96.49	0.00
N20	0.00	102.38	102.38	0.00
N17	0.00	102.38	-13.62	0.00
N16	0.00	102.38	-13.62	0.00
N22	0.00	88.01	88.01	0.00
N12	0.00	88.01	33.01	0.00
N5	0.00	54.50	32.50	0.00
N6	0.00	54.50	32.50	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	-78.25	88.01	2.01	0.00 Tank
R_Fontinha	-93.19	96.49	2.49	0.00 Tank
R_Lemedede	-271.47	102.38	2.38	0.00 Tank
R_Mira	-39.84	54.50	3.50	0.00 Tank

Link Results at 11:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	271.47	0.78	1.81	Open	
Tb_3	39.84	0.35	0.78	Open	
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_11	78.25	0.69	2.51	Open	
Tb_7	93.19	0.82	3.54	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	

Page 66
Link Results at 11:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tochoa	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Lemedede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Node Results at 12:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.28	377.28	0.00
N15	100.51	87.78	21.78	0.00
N4	0.00	54.25	18.25	0.00
N2	0.00	96.34	68.34	0.00
N10	99.28	96.32	22.32	0.00
N1	0.00	501.67	473.67	0.00
N18	256.49	102.26	6.26	0.00
N3	0.00	54.25	26.25	0.00
N7	40.79	54.25	13.25	0.00
N13	0.00	89.71	9.71	0.00
N14	0.00	87.80	7.80	0.00
N8	0.00	96.34	-1.66	0.00
N9	0.00	96.34	-1.66	0.00
N21	0.00	96.34	96.34	0.00
N20	0.00	482.01	482.01	0.00
N17	0.00	102.27	-13.73	0.00
N16	0.00	102.27	-13.73	0.00
N22	0.00	404.84	404.84	0.00
N12	0.00	278.61	223.61	0.00

Page 67
Link Results at 12:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	256.49	0.74	1.62	Open	
Tb_3	40.79	0.36	0.82	Open	
Tb_10	115.52	0.00	0.00	Open	
Tb_11	100.51	0.89	4.05	Open	
Tb_7	99.28	0.88	4.00	Open	
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_16	439.02	0.62	19650.82	Open	
Tb_13	439.02	0.00	0.00	Open	
Tb_12	439.02	0.68	46.88	Open	
Tb_17	115.52	0.65	437.33	Open	
Tb_8	115.52	0.68	35.04	Open	
Tb_9	115.52	0.93	62.21	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tochoa	115.52	0.00	-377.28	Open Pump	
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Lemedede	439.02	0.00	-473.67	Open Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	115.52	1.02	1.91	Open Valve	
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
V4	439.02	0.62	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Node Results at 12:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.28	377.28	0.00
N15	77.34	87.83	21.83	0.00
N4	0.00	54.00	18.00	0.00
N2	0.00	348.86	320.86	0.00
N10	75.01	96.16	22.16	0.00
N1	0.00	501.68	473.68	0.00
N18	403.78	102.32	6.32	0.00
N3	0.00	54.00	26.00	0.00
N7	45.06	54.00	13.00	0.00
N13	0.00	89.75	9.75	0.00
N14	0.00	87.84	7.84	0.00
N8	0.00	97.69	-0.31	0.00
N9	0.00	96.17	-1.83	0.00
N21	0.00	348.86	348.86	0.00
N20	0.00	482.04	482.04	0.00

Page 68
Node Results at 12:15 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.34	-13.66	0.00
N16	0.00	102.34	-13.66	0.00
N22	0.00	404.84	404.84	0.00
N12	0.00	278.63	223.63	0.00
N5	0.00	54.00	32.00	0.00
N6	0.00	54.00	32.00	0.00
T_1	-693.37	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tochoa	38.18	87.84	1.84	0.00 Tank
R_Fontinha	63.85	96.17	2.17	0.00 Tank
R_Lemedede	35.22	102.34	2.34	0.00 Tank
R_Mira	-45.06	54.00	3.00	0.00 Tank

Link Results at 12:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	403.78	1.17	3.93	Open	
Tb_3	45.06	0.40	0.99	Open	
Tb_10	115.52	0.00	0.00	Open	
Tb_11	77.34	0.68	2.45	Open	
Tb_7	75.01	0.66	2.34	Open	
Tb_6	138.86	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	138.86	0.56	26.27	Open	
Tb_1	138.86	0.55	1.41	Open	
Tb_16	438.99	0.62	19648.14	Open	
Tb_13	438.99	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.99	0.68	46.88	Open	
Tb_17	115.52	0.65	457.29	Open	
Tb_8	115.52	0.68	35.04	Open	
Tb_9	115.52	0.93	62.21	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tochoa	115.52	0.00	-377.28	Open Pump	
B.Fontinha	138.86	0.00	-320.86	Open Pump	
B.Lemedede	438.99	0.00	-473.68	Open Pump	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	115.52	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.86	0.55	1.52	Open Valve	
V4	438.99	0.62	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Page 69
Node Results at 12:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
---------	------------	--------	------------	---------

ID	CMH	m	m		Tb_17	115.49	0.65	437.07	Open	
N11	0.00	405.30	377.30	0.00	Tb_8	115.49	0.67	35.02	Open	
N15	97.67	87.92	21.92	0.00	Tb_9	115.49	0.93	62.18	Open	
N4	0.00	53.73	17.73	0.00	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
N2	0.00	348.88	320.88	0.00	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
N10	90.81	96.26	22.26	0.00	B.Tocha	115.49	0.00	-377.30	Open Pump	
N1	0.00	501.69	473.69	0.00	B.Fontinha	138.82	0.00	-320.90	Open Pump	
N18	371.72	102.34	6.34	0.00	B.Lemede	438.98	0.00	-473.70	Open Pump	
N3	0.00	53.73	25.73	0.00	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
N7	21.60	53.73	12.73	0.00	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
N13	0.00	89.85	9.85	0.00	V3	115.49	1.02	1.91	Open Valve	
N14	0.00	87.94	7.94	0.00	V2	138.82	0.55	1.52	Open Valve	
N8	0.00	97.80	-0.20	0.00	V4	438.98	0.62	0.00	Open Valve	
N9	0.00	96.28	-1.72	0.00	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
N21	0.00	348.88	348.88	0.00	Node Results at 13:00 Hrs:					
N20	0.00	482.04	482.04	0.00	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	
N17	0.00	102.36	-13.64	0.00	N11	0.00	405.31	377.31	0.00	
N16	0.00	404.86	404.86	0.00	N15	74.20	88.08	22.08	0.00	
N22	0.00	404.86	404.86	0.00	N4	0.00	53.59	17.59	0.00	
N12	0.00	278.68	223.68	0.00	N2	0.00	348.91	320.91	0.00	
N5	0.00	53.73	31.73	0.00	N10	90.60	96.42	22.42	0.00	
N6	0.00	53.73	31.73	0.00	N1	0.00	501.70	473.70	0.00	
T_1	-693.33	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N18	378.51	102.40	6.40	0.00	
R_Tocha	17.83	87.94	1.94	0.00 Tank	N3	0.00	53.59	25.59	0.00	
R_Fontinha	48.83	96.28	2.28	0.00 Tank	N7	0.03	53.59	12.59	0.00	
R_Lemede	67.27	102.36	2.36	0.00 Tank	N13	0.00	90.81	10.81	0.00	
R_Mira	-21.60	53.73	2.73	0.00 Tank	N14	0.00	88.10	8.10	0.00	
Link Results at 12:30 Hrs:					N8	0.00	97.96	-0.04	0.00	
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status	N9	0.00	96.44	-1.56	0.00
Tb_14	371.72	1.07	3.34	Open	N21	0.00	348.91	348.91	0.00	
Tb_3	21.60	0.19	0.25	Open	N20	0.00	482.06	482.06	0.00	
Tb_10	115.50	0.00	0.00	Open	Page 72 Node Results at 13:00 Hrs: (continued)					
Tb_11	97.67	0.86	3.83	Open	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	
Tb_7	90.01	0.80	3.31	Open	N17	0.00	102.41	-13.59	0.00	
Tb_6	138.84	0.00	0.00	Open	N16	0.00	102.41	-13.59	0.00	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N22	0.00	404.88	404.88	0.00	
Tb_5	138.84	0.56	26.26	Open	N12	0.00	278.75	223.75	0.00	
Tb_1	138.84	0.55	1.41	Open	N5	0.00	53.59	31.59	0.00	
Tb_16	438.99	0.62	19647.58	Open	N6	0.00	53.59	31.59	0.00	
Tb_13	438.99	0.00	0.00	Open	T_1	-693.25	28.00	0.00	0.00 Reservoir	
Tb_12	438.99	0.68	46.87	Open	R_Tocha	41.27	88.10	2.10	0.00 Tank	
Tb_17	115.50	0.65	437.15	Open	R_Fontinha	48.21	96.44	2.44	0.00 Tank	
Tb_8	115.50	0.68	35.03	Open	R_Lemede	60.45	102.41	2.41	0.00 Tank	
Tb_9	115.50	0.93	62.19	Open	R_Mira	-0.03	53.59	2.59	0.00 Tank	
Page 70 Link Results at 12:30 Hrs: (continued)					Link Results at 13:00 Hrs:					
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_14	378.51	1.09	3.46	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_3	0.03	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	115.50	0.00	-377.30	Open Pump	Tb_10	115.48	0.00	0.00	Open	
B.Fontinha	138.84	0.00	-320.88	Open Pump	Tb_11	74.20	0.66	2.27	Open	
B.Lemede	438.99	0.00	-473.69	Open Pump	Tb_7	90.60	0.80	3.35	Open	
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Tb_6	138.81	0.00	0.00	Open	
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
V3	115.50	1.02	1.91	Open Valve	Tb_5	138.81	0.56	26.25	Open	
V2	138.84	0.55	1.52	Open Valve	Tb_1	138.81	0.55	1.41	Open	
V4	438.99	0.62	0.00	Open Valve	Tb_16	438.97	0.62	19645.61	Open	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_13	438.97	0.00	0.00	Open	
Node Results at 12:45 Hrs:					Tb_12	438.97	0.68	46.87	Open	
Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Tb_17	115.48	0.65	436.96	Open	
N11	0.00	405.30	377.30	0.00	Tb_8	115.48	0.67	35.01	Open	
N15	75.10	87.98	21.98	0.00	Tb_9	115.48	0.93	62.16	Open	
N4	0.00	53.59	17.59	0.00	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
N2	0.00	348.90	320.90	0.00	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
N10	91.82	96.34	22.34	0.00	B.Tocha	115.48	0.00	-377.31	Open Pump	
N1	0.00	501.70	473.70	0.00	B.Fontinha	138.81	0.00	-320.91	Open Pump	
N18	371.55	102.37	6.37	0.00	B.Lemede	438.97	0.00	-473.70	Open Pump	
N3	0.00	53.59	25.59	0.00	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
N7	0.03	53.59	12.59	0.00	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
N13	0.00	89.90	9.90	0.00	V3	115.48	1.02	1.91	Open Valve	
N14	0.00	87.99	7.99	0.00	V2	138.81	0.55	1.52	Open Valve	
N8	0.00	97.88	-0.12	0.00	V4	438.97	0.62	0.00	Open Valve	
N9	0.00	96.36	-1.64	0.00	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	
N21	0.00	348.89	348.89	0.00	Page 73 Node Results at 13:15 Hrs:					
N20	0.00	482.05	482.05	0.00	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	
N17	0.00	102.39	-13.61	0.00	N11	0.00	405.33	377.33	0.00	
N16	0.00	404.86	404.86	0.00	N15	97.52	88.19	22.19	0.00	
N22	0.00	404.86	404.86	0.00	N4	0.00	53.59	17.59	0.00	
N12	0.00	278.70	223.70	0.00	N2	0.00	348.93	320.93	0.00	
N5	0.00	53.59	31.59	0.00	N10	90.76	96.50	22.50	0.00	
N6	0.00	53.59	31.59	0.00	N1	0.00	501.71	473.71	0.00	
T_1	-693.29	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N18	388.19	102.42	6.42	0.00	
R_Tocha	40.39	87.99	1.99	0.00 Tank	N7	0.03	53.59	12.59	0.00	
R_Fontinha	47.00	96.36	2.36	0.00 Tank	N13	0.00	90.12	10.12	0.00	
R_Lemede	67.43	102.39	2.39	0.00 Tank	N14	0.00	88.21	8.21	0.00	
R_Mira	-0.03	53.59	2.59	0.00 Tank	N8	0.00	98.04	0.04	0.00	
Page 71 Link Results at 12:45 Hrs:					N9	0.00	96.52	-1.48	0.00	
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status	N21	0.00	348.92	348.92	0.00
Tb_14	371.55	1.07	3.34	Open	N20	0.00	482.06	482.06	0.00	
Tb_3	0.03	0.00	0.00	Open	N17	0.00	102.44	-13.56	0.00	
Tb_10	115.49	0.00	0.00	Open	N16	0.00	102.44	-13.56	0.00	
Tb_11	75.10	0.66	2.32	Open	N22	0.00	404.89	404.89	0.00	
Tb_7	91.82	0.81	3.44	Open	N12	0.00	278.80	223.80	0.00	
Tb_6	138.82	0.00	0.00	Open	N5	0.00	53.59	31.59	0.00	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N6	0.00	53.59	31.59	0.00	
Tb_5	138.82	0.56	26.25	Open	T_1	-693.20	28.00	0.00	0.00 Reservoir	
Tb_1	138.82	0.55	1.41	Open	R_Tocha	17.93	88.21	2.21	0.00 Tank	
Tb_16	438.98	0.62	19646.62	Open	R_Fontinha	48.03	96.52	2.52	0.00 Tank	
Tb_13	438.98	0.00	0.00	Open	R_Lemede	50.77	102.44	2.44	0.00 Tank	
Tb_12	438.98	0.68	46.87	Open	R_Mira	-0.03	53.59	2.59	0.00 Tank	

Link Results at 13:15 Hrs:					Node Results at 13:30 Hrs:				
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
Tb_14	388.19	1.12	3.64	Open	N11	0.00	405.34	377.34	0.00
Tb_3	0.03	0.00	0.00	Open	N15	82.14	88.24	22.24	0.00
Tb_10	115.46	0.00	0.00	Open	N4	0.00	53.59	17.59	0.00
Tb_11	97.52	0.86	3.82	Open	N2	0.00	348.94	320.94	0.00
Tb_7	90.76	0.80	3.37	Open	N10	93.06	96.58	22.58	0.00
Tb_6	138.79	0.00	0.00	Open	N1	0.00	501.71	473.71	0.00
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N18	394.53	102.44	6.44	0.00
Tb_5	138.79	0.56	26.24	Open	N3	0.00	53.59	25.59	0.00
Tb_1	138.79	0.55	1.41	Open	N7	0.14	53.59	12.59	0.00
Tb_16	438.96	0.62	19644.72	Open	N13	0.00	90.16	10.16	0.00
Tb_13	438.96	0.00	0.00	Open	N14	0.00	88.25	8.25	0.00
Tb_12	438.96	0.68	46.87	Open	N8	0.00	98.12	0.12	0.00
Tb_17	115.46	0.67	436.85	Open	N9	0.00	96.60	-1.40	0.00
Tb_8	115.46	0.65	35.00	Open	N21	0.00	348.94	348.94	0.00
Tb_9	115.46	0.93	62.14	Open	N20	0.00	482.07	482.07	0.00

Page 74 Link Results at 13:15 Hrs: (continued)					Page 76 Node Results at 13:45 Hrs: (continued)				
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	N17	0.00	102.48	-13.52	0.00
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	N16	0.00	102.48	-13.52	0.00
B.Tocha	115.46	0.00	-377.33	Open Pump	N22	0.00	404.91	404.91	0.00
B.Fontinha	138.79	0.00	-320.93	Open Pump	N12	0.00	278.87	223.87	0.00
B.Lemede	438.96	0.00	-473.71	Open Pump	N5	0.00	53.59	31.59	0.00
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	N6	0.00	53.59	31.59	0.00
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	T_1	-693.13	28.00	0.00	0.00 Reservoir
V3	115.46	1.02	1.91	Open Valve	R.Tocha	36.83	88.34	2.34	0.00 Tank
V2	138.79	0.55	1.52	Open Valve	R.Fontinha	42.50	96.68	2.68	0.00 Tank
V4	438.96	0.62	0.00	Open Valve	R.Lemede	22.50	102.48	2.48	0.00 Tank
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	R.Mira	0.00	53.59	2.59	0.00 Tank

Link Results at 13:45 Hrs:					Page 77 Node Results at 14:00 Hrs:				
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
Tb_14	416.44	1.20	4.18	Open	N11	0.00	405.36	377.36	0.00
Tb_3	0.00	0.00	0.00	Open	N15	78.01	88.43	22.43	0.00
Tb_10	115.44	0.00	0.00	Open	N4	0.00	53.59	17.59	0.00
Tb_11	78.60	0.70	2.53	Open	N2	0.00	348.97	320.97	0.00
Tb_7	96.25	0.85	3.77	Open	N10	84.87	96.73	22.73	0.00
Tb_6	138.75	0.00	0.00	Open	N1	0.00	501.72	473.72	0.00
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	N18	435.50	102.46	6.46	0.00
Tb_5	138.75	0.56	26.23	Open	N3	0.00	53.59	25.59	0.00
Tb_1	138.75	0.55	1.41	Open	N7	0.08	53.59	12.59	0.00
Tb_16	438.94	0.62	19643.34	Open	N13	0.00	90.35	10.35	0.00
Tb_13	438.94	0.00	0.00	Open	N14	0.00	88.44	8.44	0.00
Tb_12	438.94	0.68	46.86	Open	N8	0.00	98.26	0.26	0.00
Tb_17	115.44	0.65	436.66	Open	N9	0.00	96.75	-1.25	0.00
Tb_8	115.44	0.67	34.99	Open	N21	0.00	348.97	348.97	0.00
Tb_9	115.44	0.93	62.12	Open	N20	0.00	482.08	482.08	0.00
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	N17	0.00	102.49	-13.51	0.00
B.Tocha	115.44	0.00	-377.35	Open Pump	N16	0.00	102.49	-13.51	0.00
B.Fontinha	138.75	0.00	-320.96	Open Pump	N22	0.00	404.92	404.92	0.00
B.Lemede	438.94	0.00	-473.72	Open Pump	N12	0.00	278.91	223.91	0.00
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	N5	0.00	53.59	31.59	0.00
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	N6	0.00	53.59	31.59	0.00
V3	115.44	1.02	1.91	Open Valve	T_1	-693.09	28.00	0.00	0.00 Reservoir
V2	138.75	0.55	1.51	Open Valve	R.Tocha	37.41	88.44	2.44	0.00 Tank
V4	438.94	0.62	0.00	Open Valve	R.Fontinha	53.06	96.75	2.75	0.00 Tank
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	R.Lemede	3.43	102.49	2.49	0.00 Tank
					R.Mira	-0.08	53.59	2.59	0.00 Tank

Page 75 Link Results at 13:30 Hrs:					Page 78 Link Results at 14:00 Hrs: (continued)				
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	394.53	1.14	3.76	Open	Tb_14	435.50	1.26	4.56	Open
Tb_3	0.14	0.00	0.00	Open	Tb_3	0.08	0.00	0.00	Open
Tb_10	115.45	0.00	0.00	Open	Tb_10	115.42	0.00	0.00	Open
Tb_11	82.14	0.73	2.75	Open	Tb_11	78.01	0.69	2.49	Open
Tb_7	93.06	0.82	3.53	Open	Tb_7	84.87	0.75	2.96	Open
Tb_6	138.77	0.00	0.00	Open	Tb_6	138.74	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	138.77	0.56	26.23	Open	Tb_5	138.74	0.56	26.22	Open
Tb_1	138.77	0.55	1.41	Open	Tb_1	138.74	0.55	1.38	Open
Tb_16	438.95	0.62	19643.97	Open	Tb_16	438.94	0.62	19642.97	Open
Tb_13	438.95	0.00	0.00	Open	Tb_13	438.94	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.95	0.68	46.87	Open	Tb_12	438.94	0.68	46.86	Open
Tb_17	115.45	0.65	436.77	Open	Tb_17	115.42	0.65	436.55	Open
Tb_8	115.45	0.67	35.00	Open	Tb_8	115.42	0.67	34.98	Open
Tb_9	115.45	0.93	62.13	Open	Tb_9	115.42	0.93	62.10	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open					
B.Tocha	115.45	0.00	-377.34	Open Pump					
B.Fontinha	138.77	0.00	-320.94	Open Pump					
B.Lemede	438.95	0.00	-473.71	Open Pump					
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
V3	115.45	1.02	1.91	Open Valve					
V2	138.77	0.55	1.51	Open Valve					
V4	438.95	0.62	0.00	Open Valve					
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve					

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	0.00	Open					
Tb_19	0.00	0.00	0.00	0.00	Open					
B.Tocha	115.42	0.00	-377.36	0.00	Open Pump					
B.Fontinha	138.74	0.00	-320.97	0.00	Open Pump					
B.Lemede	438.94	0.00	-473.72	0.00	Open Pump					
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	0.00	Closed Pump					
V3	115.42	1.02	1.91	0.00	Open Valve					
V2	138.74	0.55	1.51	0.00	Open Valve					
V4	438.94	0.62	0.00	0.00	Open Valve					
V1	0.00	0.00	0.00	0.00	Open Valve					

Node Results at 14:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.37	377.37	0.00
N15	89.47	88.52	22.52	0.00
N4	0.00	53.59	17.59	0.00
N2	0.00	348.99	320.99	0.00
N10	90.56	96.82	22.82	0.00
N1	0.00	501.72	473.72	0.00
N18	426.95	102.46	6.46	0.00
N3	0.00	53.59	25.59	0.00
N7	12.08	53.59	12.59	0.00
N13	0.00	90.45	10.45	0.00
N14	0.00	88.54	8.54	0.00
N8	0.00	98.35	0.35	0.00
N9	0.00	96.84	-1.16	0.00
N21	0.00	348.99	348.99	0.00
N20	0.00	482.08	482.08	0.00
N17	0.00	102.49	-13.51	0.00
N16	0.00	102.49	-13.51	0.00
N22	0.00	404.94	404.94	0.00
N12	0.00	278.96	223.96	0.00
N5	0.00	53.59	31.59	0.00
N6	0.00	53.59	31.59	0.00

Page 81
Node Results at 14:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.40	377.40	0.00
N15	89.28	88.72	22.72	0.00
N4	0.00	134.55	98.55	0.00
N2	0.00	349.02	321.02	0.00
N10	87.11	96.99	22.99	0.00
N1	0.00	501.72	473.72	0.00
N18	317.65	102.46	6.46	0.00
N3	0.00	135.60	107.60	0.00
N7	108.99	53.30	12.30	0.00
N13	0.00	90.64	10.64	0.00
N14	0.00	88.73	8.73	0.00
N8	0.00	98.52	0.52	0.00
N9	0.00	97.01	-0.99	0.00
N21	0.00	349.02	349.02	0.00
N20	0.00	482.07	482.07	0.00
N17	0.00	102.47	-13.53	0.00
N16	0.00	102.47	-13.53	0.00
N22	0.00	404.96	404.96	0.00
N12	0.00	279.05	224.05	0.00
N5	0.00	56.21	34.21	0.00
N6	0.00	53.32	31.32	0.00
T_1	-801.64	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	26.10	88.73	2.73	0.00 Tank
R_Fontinha	51.57	97.01	3.01	0.00 Tank
R_Lemede	121.29	102.47	2.47	0.00 Tank
R_Mira	-0.34	53.32	2.32	0.00 Tank

Page 79
Link Results at 14:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	426.95	1.23	4.39	Open	
Tb_3	12.08	0.11	0.08	Open	
Tb_10	115.40	0.00	0.00	Open	
Tb_11	89.47	0.79	3.24	Open	
Tb_7	90.56	0.80	3.35	Open	
Tb_6	138.72	0.00	0.00	Open	
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_5	138.72	0.56	26.21	Open	
Tb_1	138.72	0.55	1.41	Open	
Tb_16	438.94	0.62	19642.93	Open	
Tb_13	438.94	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.94	0.68	46.86	Open	
Tb_17	115.40	0.65	436.40	Open	
Tb_8	115.40	0.67	34.97	Open	
Tb_9	115.40	0.93	62.09	Open	
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	115.40	0.00	-377.37	Open Pump	
B.Fontinha	138.72	0.00	-320.99	Open Pump	
B.Lemede	438.94	0.00	-473.72	Open Pump	
B.Mirai	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
B.Mirai2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	
V3	115.40	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.72	0.55	1.51	Open Valve	
V4	438.94	0.62	0.00	Open Valve	
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	

Node Results at 14:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.38	377.38	0.00
N15	68.48	88.60	22.60	0.00
N4	0.00	53.52	17.52	0.00
N2	0.00	349.00	321.00	0.00
N10	86.16	96.90	22.90	0.00
N1	0.00	501.72	473.72	0.00
N18	491.73	102.46	6.46	0.00
N3	0.00	53.52	25.52	0.00
N7	31.73	53.52	12.52	0.00
N13	0.00	90.52	10.52	0.00
N14	0.00	88.61	8.61	0.00
N8	0.00	98.43	0.43	0.00
N9	0.00	96.92	-1.08	0.00
N21	0.00	349.00	349.00	0.00
N20	0.00	482.08	482.08	0.00

Page 80
Node Results at 14:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.49	-13.51	0.00
N16	0.00	102.49	-13.51	0.00
N22	0.00	404.94	404.94	0.00
N12	0.00	279.00	224.00	0.00
N5	0.00	53.52	31.52	0.00
N6	0.00	53.52	31.52	0.00
T_1	-693.03	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	46.92	88.61	2.61	0.00 Tank
R_Fontinha	52.54	96.92	2.92	0.00 Tank
R_Lemede	-52.80	102.49	2.49	0.00 Tank
R_Mira	-31.73	53.52	2.52	0.00 Tank

Link Results at 14:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_18	108.65	0.64	31.35	Open	
Tb_19	108.65	0.00	0.00	Open	
B.Tocha	115.37	0.00	-377.40	Open Pump	
B.Fontinha	138.68	0.00	-321.02	Open Pump	
B.Lemede	438.94	0.00	-473.72	Open Pump	
B.Mirai	54.32	0.00	-107.60	Open Pump	
B.Mirai2	54.32	0.00	-107.60	Open Pump	
V3	115.37	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.68	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.94	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.65	0.61	2.89	Open Valve	

Page 82
Link Results at 14:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit m/km	Headloss	Status
Tb_14	317.65	0.92	2.46	Open	
Tb_3	108.99	0.96	5.45	Open	
Tb_10	115.37	0.00	0.00	Open	
Tb_11	89.28	0.79	3.23	Open	
Tb_7	87.11	0.77	3.11	Open	
Tb_6	138.68	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.65	1.00	5.55	Open	
Tb_5	138.68	0.56	26.20	Open	
Tb_1	138.68	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.94	0.62	19643.53	Open	
Tb_13	438.94	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.94	0.68	46.86	Open	
Tb_17	115.37	0.65	436.22	Open	
Tb_8	115.37	0.67	34.95	Open	
Tb_9	115.37	0.93	62.05	Open	

Node Results at 15:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.41	377.41	0.00
N15	69.27	88.79	22.79	0.00
N4	0.00	134.55	98.55	0.00
N2	0.00	349.03	321.03	0.00
N10	87.38	97.08	23.08	0.00
N1	0.00	501.73	473.73	0.00
N18	160.43	102.52	6.52	0.00
N3	0.00	135.59	107.59	0.00
N7	115.67	53.29	12.29	0.00
N13	0.00	90.71	10.71	0.00

N14	0.00	88.80	8.80	0.00	V4	438.88	0.62	0.00	Open Valve
N8	0.00	98.61	0.61	0.00	V1	108.67	0.61	2.89	Open Valve
N9	0.00	97.09	-0.91	0.00					
N21	0.00	349.03	349.03	0.00					
N20	0.00	482.09	482.09	0.00					
N17	0.00	102.52	-13.48	0.00					
N16	0.00	102.52	-13.48	0.00					
N22	0.00	404.97	404.97	0.00					
N12	0.00	279.09	224.09	0.00					
N5	0.00	56.21	34.21	0.00					
N6	0.00	53.32	31.32	0.00					
T_1	-801.59	28.00	0.00	0.00	Reservoir				
R_Tocha	46.09	88.80	2.80	0.00	Tank				
R_Fontinha	51.28	97.09	3.09	0.00	Tank				
R_Lemede	278.50	102.52	2.52	0.00	Tank				
R_Mira	-7.02	53.32	2.32	0.00	Tank				

Page 83
Link Results at 15:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	160.43	0.46	0.65	Open	
Tb_3	115.67	1.02	6.12	Open	
Tb_10	115.36	0.00	0.00	Open	
Tb_11	69.27	0.61	1.99	Open	
Tb_7	87.38	0.77	3.13	Open	
Tb_6	138.66	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.65	1.00	5.55	Open	
Tb_5	138.66	0.56	26.19	Open	
Tb_1	138.66	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.92	0.62	19641.74	Open	
Tb_13	438.92	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.92	0.68	46.86	Open	
Tb_17	115.36	0.65	436.10	Open	
Tb_8	115.36	0.67	34.94	Open	
Tb_9	115.36	0.93	62.04	Open	
Tb_18	108.65	0.64	31.35	Open	
Tb_19	108.65	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.36	0.00	-377.41	Open Pump	
B_Fontinha	138.66	0.00	-321.03	Open Pump	
B_Lemede	438.92	0.00	-473.73	Open Pump	
B_Mira1	54.32	0.00	-107.59	Open Pump	
B_Mira2	54.32	0.00	-107.59	Open Pump	
V3	115.36	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.66	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.92	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.65	0.61	2.89	Open Valve	

Node Results at 15:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.42	377.42	0.00
N15	70.19	88.92	22.92	0.00
N4	0.00	134.54	98.54	0.00
N2	0.00	349.05	321.05	0.00
N10	84.15	97.16	23.16	0.00
N1	0.00	501.76	473.76	0.00
N18	376.20	102.62	6.62	0.00
N3	0.00	135.59	107.59	0.00
N7	114.59	53.25	12.25	0.00
N13	0.00	90.83	10.83	0.00
N14	0.00	89.93	8.93	0.00
N8	0.00	98.69	0.69	0.00
N9	0.00	97.18	-0.82	0.00
N21	0.00	349.05	349.05	0.00
N20	0.00	482.12	482.12	0.00

Page 84
Node Results at 15:15 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.63	-13.37	0.00
N16	0.00	102.63	-13.37	0.00
N22	0.00	404.99	404.99	0.00
N12	0.00	279.15	224.15	0.00
N5	0.00	56.17	34.17	0.00
N6	0.00	53.28	31.28	0.00
T_1	-801.53	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	45.16	88.93	2.93	0.00
R_Fontinha	54.49	97.18	3.18	0.00
R_Lemede	62.67	102.63	2.63	0.00
R_Mira	-5.91	53.28	2.28	0.00

Link Results at 15:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	376.20	1.09	3.42	Open	
Tb_3	114.59	1.01	6.01	Open	
Tb_10	115.34	0.00	0.00	Open	
Tb_11	70.19	0.62	2.04	Open	
Tb_7	84.15	0.74	2.91	Open	
Tb_6	138.64	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.67	1.00	5.55	Open	
Tb_5	138.64	0.56	26.19	Open	
Tb_1	138.64	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.88	0.62	19637.61	Open	
Tb_13	438.88	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.88	0.68	46.85	Open	
Tb_17	115.34	0.65	435.95	Open	
Tb_8	115.34	0.67	34.93	Open	
Tb_9	115.34	0.93	62.02	Open	
Tb_18	108.67	0.64	31.37	Open	
Tb_19	108.67	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.34	0.00	-377.42	Open Pump	
B_Fontinha	138.64	0.00	-321.05	Open Pump	
B_Lemede	438.88	0.00	-473.76	Open Pump	
B_Mira1	54.34	0.00	-107.59	Open Pump	
B_Mira2	54.34	0.00	-107.59	Open Pump	
V3	115.34	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.64	0.54	1.51	Open Valve	

Page 85
Node Results at 15:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.44	377.44	0.00
N15	92.73	89.03	23.03	0.00
N4	0.00	134.53	98.53	0.00
N2	0.00	349.07	321.07	0.00
N10	86.19	97.25	23.25	0.00
N1	0.00	501.77	473.77	0.00
N18	343.71	102.64	6.64	0.00
N3	0.00	135.58	107.58	0.00
N7	101.10	53.22	12.22	0.00
N13	0.00	90.95	10.95	0.00
N14	0.00	89.05	9.05	0.00
N8	0.00	98.78	0.78	0.00
N9	0.00	97.27	-0.73	0.00
N21	0.00	349.07	349.07	0.00
N20	0.00	482.13	482.13	0.00
N17	0.00	102.66	-13.34	0.00
N16	0.00	102.66	-13.34	0.00
N22	0.00	405.00	405.00	0.00
N12	0.00	279.20	224.20	0.00
N5	0.00	56.13	34.13	0.00
N6	0.00	53.24	31.24	0.00
T_1	-801.50	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	22.59	89.05	3.05	0.00
R_Fontinha	52.43	97.27	3.27	0.00
R_Lemede	95.16	102.66	2.66	0.00
R_Mira	7.59	53.24	2.24	0.00

Link Results at 15:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	343.71	0.99	2.87	Open	
Tb_3	101.10	0.89	4.71	Open	
Tb_10	115.32	0.00	0.00	Open	
Tb_11	92.73	0.82	3.47	Open	
Tb_7	86.19	0.76	3.05	Open	
Tb_6	138.62	0.00	0.00	Open	
Tb_20	108.69	1.00	5.55	Open	
Tb_5	138.62	0.56	26.18	Open	
Tb_1	138.62	0.54	1.41	Open	
Tb_16	438.87	0.62	19636.72	Open	
Tb_13	438.87	0.00	0.00	Open	
Tb_12	438.87	0.68	46.85	Open	
Tb_17	115.32	0.65	435.84	Open	
Tb_8	115.32	0.67	34.92	Open	
Tb_9	115.32	0.92	62.00	Open	

Page 86
Link Results at 15:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	108.69	0.64	31.38	Open	
Tb_19	108.69	0.00	0.00	Open	
B_Tocha	115.32	0.00	-377.44	Open Pump	
B_Fontinha	138.62	0.00	-321.07	Open Pump	
B_Lemede	438.87	0.00	-473.77	Open Pump	
B_Mira1	54.35	0.00	-107.58	Open Pump	
B_Mira2	54.35	0.00	-107.58	Open Pump	
V3	115.32	1.02	1.91	Open Valve	
V2	138.62	0.54	1.51	Open Valve	
V4	438.87	0.62	0.00	Open Valve	
V1	108.69	0.62	2.89	Open Valve	

Node Results at 15:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.44	377.44	0.00
N15	81.94	89.09	23.09	0.00
N4	0.00	134.54	98.54	0.00
N2	0.00	349.08	321.08	0.00
N10	83.43	97.34	23.34	0.00
N1	0.00	501.78	473.78	0.00
N18	327.65	102.68	6.68	0.00
N3	0.00	135.59	107.59	0.00
N7	74.86	53.28	12.28	0.00
N13	0.00	91.01	11.01	0.00
N14	0.00	89.11	9.11	0.00
N8	0.00	98.87	0.87	0.00
N9	0.00	97.36	-0.64	0.00
N21	0.00	349.08	349.08	0.00
N20	0.00	482.14	482.14	0.00
N17	0.00	102.70	-13.30	0.00
N16	0.00	102.70	-13.30	0.00
N22	0.00	405.01	405.01	0.00
N12	0.00	279.23	224.23	0.00
N5	0.00	56.18	34.18	0.00
N6	0.00	53.29	31.29	0.00
T_1	-801.43	28.00	0.00	0.00
R_Tocha	33.38	89.11	3.11	0.00
R_Fontinha	55.17	97.36	3.36	0.00
R_Lemede	111.20	102.70	2.70	0.00
R_Mira	33.81	53.29	2.29	0.00

Page 87
Link Results at 15:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	327.65	0.95	2.61	Open	
Tb_3	74.86	0.66	2.62	Open	
Tb_10	115.31	0.00	0.00	Open	

Tb_11	81.94	0.72	2.74	Open	N22	0.00	405.04	405.04	0.00
Tb_7	83.43	0.74	2.86	Open	N12	0.00	279.33	224.33	0.00
Tb_6	138.60	0.00	0.00	Open	N5	0.00	56.59	34.59	0.00
Tb_20	108.67	1.00	5.55	Open	N6	0.00	53.71	31.71	0.00
Tb_5	138.60	0.56	26.17	Open	T_1	-801.09	28.00	0.00	0.00 Reservoir
Tb_1	138.60	0.54	1.38	Open	R_Tocha	23.71	89.31	3.31	0.00 Tank
Tb_16	438.85	0.62	19635.30	Open	R_Fontinha	56.45	97.54	3.54	0.00 Tank
Tb_13	438.85	0.00	0.00	Open	R_Lemede	134.70	102.80	2.80	0.00 Tank
Tb_12	438.85	0.68	46.84	Open	R_Mira	33.69	53.71	2.71	0.00 Tank
Tb_17	115.31	0.65	435.77	Open					
Tb_8	115.31	0.67	34.91	Open	Link Results at 16:15 Hrs:				
Tb_9	115.31	0.92	61.99	Open	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	108.67	0.64	31.36	Open	Tb_14	304.11	0.88	2.26	Open
Tb_19	108.67	0.00	0.00	Open	Tb_3	74.75	0.66	2.62	Open
B.Tocha	115.31	0.00	-377.44	Open Pump	Tb_10	115.28	0.00	0.00	Open
B.Fontinha	138.60	0.00	-321.08	Open Pump	Tb_11	91.57	0.81	3.39	Open
B.Lemede	438.85	0.00	-473.78	Open Pump	Tb_7	82.11	0.73	2.78	Open
B.Mira1	54.33	0.00	-107.59	Open Pump	Tb_6	138.56	0.00	0.00	Open
B.Mira2	54.33	0.00	-107.59	Open Pump	Tb_20	108.44	1.00	5.53	Open
V3	115.31	1.02	1.91	Open Valve	Tb_5	138.56	0.56	26.16	Open
V2	138.60	0.54	1.51	Open Valve	Tb_1	138.56	0.54	1.41	Open
V4	438.85	0.62	0.00	Open Valve	Tb_16	438.81	0.62	19631.58	Open
V1	108.67	0.61	2.89	Open Valve	Tb_13	438.81	0.00	0.00	Open
Node Results at 16:00 Hrs:					Tb_12	438.81	0.68	46.84	Open
Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Tb_17	115.28	0.65	435.51	Open
N11	0.00	405.46	377.46	0.00	Tb_8	115.28	0.67	34.89	Open
N15	71.10	89.19	23.19	0.00	Tb_9	115.28	0.92	61.95	Open
N4	0.00	134.58	98.58	0.00					
N2	0.00	349.10	321.10	0.00	Page 90				
N10	84.68	97.43	23.43	0.00	Link Results at 16:15 Hrs: (continued)				
N1	0.00	501.79	473.79	0.00	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
N18	299.26	102.73	6.73	0.00	Tb_18	108.44	0.64	31.23	Open
N3	0.00	135.63	107.63	0.00	Tb_19	108.44	0.00	0.00	Open
N7	73.63	53.48	12.48	0.00	B.Tocha	115.28	0.00	-377.47	Open Pump
N13	0.00	91.10	11.10	0.00	B.Fontinha	138.56	0.00	-321.12	Open Pump
N14	0.00	89.20	9.20	0.00	B.Lemede	438.81	0.00	-473.80	Open Pump
N8	0.00	98.96	0.96	0.00	B.Mira1	54.22	0.00	-107.67	Open Pump
N9	0.00	97.45	-0.55	0.00	B.Mira2	54.22	0.00	-107.67	Open Pump
N21	0.00	349.10	349.10	0.00	V3	115.28	1.02	1.91	Open Valve
N20	0.00	482.15	482.15	0.00	V2	138.56	0.54	1.51	Open Valve
Page 88					V4	438.81	0.62	0.00	Open Valve
Node Results at 16:00 Hrs: (continued)					V1	108.44	0.61	2.88	Open Valve
Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node Results at 16:30 Hrs:				
N17	0.00	102.74	-13.26	0.00	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N16	0.00	102.74	-13.26	0.00	N11	0.00	405.48	377.48	0.00
N22	0.00	405.02	405.02	0.00	N15	71.39	89.37	23.37	0.00
N12	0.00	279.27	224.27	0.00	N4	0.00	134.67	98.67	0.00
N5	0.00	56.38	34.38	0.00	N2	0.00	349.14	321.14	0.00
N6	0.00	53.50	31.50	0.00	N10	87.74	97.62	23.62	0.00
T_1	-801.27	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N1	0.00	501.82	473.82	0.00
R_Tocha	44.20	89.20	3.20	0.00 Tank	N18	294.58	102.84	6.84	0.00
R_Fontinha	53.90	97.45	3.45	0.00 Tank	N3	0.00	135.71	107.71	0.00
R_Lemede	139.57	102.74	2.74	0.00 Tank	N7	73.68	53.90	12.90	0.00
R_Mira	34.93	53.50	2.50	0.00 Tank	N13	0.00	91.28	11.28	0.00
Link Results at 16:00 Hrs:					N14	0.00	89.38	9.38	0.00
Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	N8	0.00	99.14	1.14	0.00
Tb_14	299.26	0.86	2.19	Open	N9	0.00	97.63	-0.37	0.00
Tb_3	73.63	0.65	2.54	Open	N21	0.00	349.14	349.14	0.00
Tb_10	115.30	0.00	0.00	Open	N20	0.00	482.19	482.19	0.00
Tb_11	71.10	0.63	2.09	Open	N17	0.00	102.85	-13.15	0.00
Tb_7	84.68	0.75	2.95	Open	N16	0.00	102.85	-13.15	0.00
Tb_6	138.58	0.00	0.00	Open	N22	0.00	405.04	405.04	0.00
Tb_20	108.56	1.00	5.54	Open	N12	0.00	279.36	224.36	0.00
Tb_5	138.58	0.56	26.16	Open	N5	0.00	56.79	34.79	0.00
Tb_1	138.58	0.54	1.41	Open	N6	0.00	53.92	31.92	0.00
Tb_16	438.83	0.62	19633.63	Open	T_1	-800.93	28.00	0.00	0.00 Reservoir
Tb_15	438.83	0.00	0.00	Open	R_Tocha	43.88	89.38	3.38	0.00 Tank
Tb_12	438.83	0.68	46.84	Open	R_Fontinha	50.80	97.63	3.63	0.00 Tank
Tb_17	115.30	0.65	435.66	Open	R_Lemede	144.20	102.85	2.85	0.00 Tank
Tb_8	115.30	0.67	34.91	Open	R_Mira	34.65	53.92	2.92	0.00 Tank
Tb_9	115.30	0.92	61.97	Open					
Tb_18	108.56	0.64	31.30	Open	Page 91				
Tb_19	108.56	0.00	0.00	Open	Link Results at 16:30 Hrs:				
B.Tocha	115.30	0.00	-377.46	Open Pump	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
B.Fontinha	138.58	0.00	-321.10	Open Pump	Tb_14	294.58	0.85	2.12	Open
B.Lemede	438.83	0.00	-473.79	Open Pump	Tb_3	73.68	0.65	2.54	Open
B.Mira1	54.28	0.00	-107.63	Open Pump	Tb_10	115.27	0.00	0.00	Open
B.Mira2	54.28	0.00	-107.63	Open Pump	Tb_11	71.39	0.63	2.11	Open
V3	115.30	1.02	1.91	Open Valve	Tb_7	87.74	0.78	3.16	Open
V2	138.58	0.54	1.51	Open Valve	Tb_6	138.54	0.00	0.00	Open
V4	438.83	0.62	0.00	Open Valve	Tb_20	108.33	1.00	5.51	Open
V1	108.56	0.61	2.88	Open Valve	Tb_5	138.54	0.56	26.15	Open
Page 89					Tb_1	138.54	0.54	1.38	Open
Node Results at 16:15 Hrs:					Tb_16	438.79	0.62	19629.57	Open
Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Tb_13	438.79	0.00	0.00	Open
N11	0.00	405.47	377.47	0.00	Tb_12	438.79	0.68	46.83	Open
N15	91.57	89.30	23.30	0.00	Tb_17	115.27	0.65	435.43	Open
N4	0.00	134.63	98.63	0.00	Tb_8	115.27	0.67	34.89	Open
N2	0.00	349.12	321.12	0.00	Tb_9	115.27	0.92	61.94	Open
N10	82.11	97.53	23.53	0.00	Tb_18	108.33	0.64	31.17	Open
N1	0.00	501.80	473.80	0.00	Tb_19	108.33	0.00	0.00	Open
N18	304.11	102.79	6.79	0.00	B.Tocha	115.27	0.00	-377.48	Open Pump
N3	0.00	135.67	107.67	0.00	B.Fontinha	138.54	0.00	-321.14	Open Pump
N7	74.75	53.70	12.70	0.00	B.Lemede	438.79	0.00	-473.82	Open Pump
N13	0.00	91.22	11.22	0.00	B.Mira1	54.16	0.00	-107.71	Open Pump
N14	0.00	89.31	9.31	0.00	B.Mira2	54.16	0.00	-107.71	Open Pump
N8	0.00	99.05	1.05	0.00	V3	115.27	1.02	1.90	Open Valve
N9	0.00	97.54	-0.46	0.00	V2	138.54	0.54	1.51	Open Valve
N21	0.00	349.12	349.12	0.00	V4	438.79	0.62	0.00	Open Valve
N20	0.00	482.17	482.17	0.00	V1	108.33	0.61	2.87	Open Valve
N17	0.00	102.80	-13.20	0.00	Node Results at 16:45 Hrs:				
N16	0.00	102.80	-13.20	0.00	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality

N11	0.00	405.49	377.49	0.00	Tb_8	115.23	0.67	34.86	Open
N15	64.96	89.49	23.49	0.00	Tb_9	115.23	0.92	61.90	Open
N4	0.00	134.71	98.71	0.00					
N2	0.00	349.15	321.15	0.00					
N10	82.52	97.70	23.70	0.00	Page 94				
N1	0.00	501.83	473.83	0.00	Link Results at 17:00 Hrs: (continued)				
N18	322.42	102.90	6.90	0.00	Link	Flow	Velocity	Unit Headloss	Status
N3	0.00	135.75	107.75	0.00	ID	CMH	m/s	m/km	
N7	73.41	54.12	13.12	0.00					
N13	0.00	91.40	11.40	0.00	Tb_18	108.10	0.64	31.04	Open
N14	0.00	89.49	9.49	0.00	Tb_19	108.10	0.00	0.00	Open
N8	0.00	99.23	1.23	0.00	B.Tocha	115.23	0.00	-377.51	Open Pump
N9	0.00	97.72	-0.28	0.00	B.Fontinha	138.50	0.00	-321.17	Open Pump
N21	0.00	349.15	349.15	0.00	B.Lemedede	438.74	0.00	-473.84	Open Pump
N20	0.00	482.20	482.20	0.00	B.Mirai	54.05	0.00	-107.79	Open Pump
					B.Mirai2	54.05	0.00	-107.79	Open Pump
					V3	115.23	1.02	1.90	Open Valve
					V2	138.50	0.54	1.51	Open Valve
					V4	438.74	0.62	0.00	Open Valve
					V1	108.10	0.61	2.86	Open Valve

Page 92
Node Results at 16:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.91	-13.09	0.00	N11	0.00	405.52	377.52	0.00
N16	0.00	102.91	-13.09	0.00	N15	65.75	89.70	23.70	0.00
N22	0.00	405.06	405.06	0.00	N4	0.00	134.71	98.71	0.00
N12	0.00	279.42	224.42	0.00	N2	0.00	349.19	321.19	0.00
N5	0.00	57.00	35.00	0.00	N10	82.26	97.88	23.88	0.00
N6	0.00	54.13	32.13	0.00	N1	0.00	501.85	473.85	0.00
T_1	-800.75	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N18	381.09	102.97	6.97	0.00
R_Tocha	50.29	89.49	3.49	0.00 Tank	N3	0.00	135.83	107.83	0.00
R_Fontinha	56.00	97.72	3.72	0.00 Tank	N7	85.54	54.54	13.54	0.00
R_Lemedede	116.34	102.91	2.91	0.00 Tank	N13	0.00	91.61	11.61	0.00
R_Mira	34.80	54.13	3.13	0.00 Tank	N14	0.00	89.71	9.71	0.00
					N8	0.00	99.40	1.40	0.00
					N9	0.00	97.89	-0.11	0.00
					N21	0.00	349.19	349.19	0.00
					N20	0.00	482.23	482.23	0.00
					N17	0.00	102.99	-13.01	0.00
					N16	0.00	102.99	-13.01	0.00
					N22	0.00	405.09	405.09	0.00
					N12	0.00	279.52	224.52	0.00
					N5	0.00	57.41	35.41	0.00
					N6	0.00	54.55	32.55	0.00
					T_1	-800.42	28.00	0.00	0.00 Reservoir
					R_Tocha	49.47	89.71	3.71	0.00 Tank
					R_Fontinha	56.22	97.89	3.89	0.00 Tank
					R_Lemedede	57.64	102.99	2.99	0.00 Tank
					R_Mira	22.45	54.55	3.55	0.00 Tank

Link Results at 16:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	322.42	0.93	2.53	Open
Tb_3	73.41	0.65	2.53	Open
Tb_10	115.25	0.00	0.00	Open
Tb_11	64.96	0.57	1.76	Open
Tb_7	82.52	0.73	2.81	Open
Tb_6	138.52	1.00	0.00	Open
Tb_20	108.21	1.00	5.50	Open
Tb_5	138.52	0.56	26.14	Open
Tb_1	138.52	0.54	1.41	Open
Tb_16	438.76	0.62	19627.45	Open
Tb_13	438.76	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.76	0.68	46.83	Open
Tb_17	115.25	0.65	435.29	Open
Tb_8	115.25	0.67	34.88	Open
Tb_9	115.25	0.92	61.92	Open
Tb_18	108.21	0.64	31.10	Open
Tb_19	108.21	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.25	0.00	-377.49	Open Pump
B.Fontinha	138.52	0.00	-321.15	Open Pump
B.Lemedede	438.76	0.00	-473.83	Open Pump
B.Mirai	54.11	0.00	-107.75	Open Pump
B.Mirai2	54.11	0.00	-107.75	Open Pump
V3	115.25	1.02	1.90	Open Valve
V2	138.52	0.54	1.51	Open Valve
V4	438.76	0.62	0.00	Open Valve
V1	108.21	0.61	2.87	Open Valve

Page 95
Link Results at 17:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	381.09	1.10	3.51	Open
Tb_3	85.54	0.76	3.40	Open
Tb_10	115.22	0.00	0.00	Open
Tb_11	65.75	0.58	1.80	Open
Tb_7	82.26	0.73	2.79	Open
Tb_6	138.48	0.00	0.00	Open
Tb_20	107.99	0.99	5.48	Open
Tb_5	138.48	0.56	26.13	Open
Tb_1	138.48	0.54	1.41	Open
Tb_16	438.73	0.62	19624.63	Open
Tb_13	438.73	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.73	0.68	46.82	Open
Tb_17	115.22	0.65	435.02	Open
Tb_8	115.22	0.67	34.86	Open
Tb_9	115.22	0.92	61.89	Open
Tb_18	107.99	0.64	30.97	Open
Tb_19	107.99	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.22	0.00	-377.52	Open Pump
B.Fontinha	138.48	0.00	-321.19	Open Pump
B.Lemedede	438.73	0.00	-473.85	Open Pump
B.Mirai	53.99	0.00	-107.83	Open Pump
B.Mirai2	53.99	0.00	-107.83	Open Pump
V3	115.22	1.02	1.90	Open Valve
V2	138.48	0.54	1.51	Open Valve
V4	438.73	0.62	0.00	Open Valve
V1	107.99	0.61	2.85	Open Valve

Page 93
Node Results at 17:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.51	377.51	0.00	N11	0.00	405.54	377.54	0.00
N15	84.06	89.61	23.61	0.00	N15	85.58	89.83	23.83	0.00
N4	0.00	134.75	98.75	0.00	N4	0.00	134.82	98.82	0.00
N2	0.00	349.17	321.17	0.00	N2	0.00	349.20	321.20	0.00
N10	90.05	97.80	23.80	0.00	N10	86.84	97.97	23.97	0.00
N1	0.00	501.84	473.84	0.00	N1	0.00	501.86	473.86	0.00
N18	364.81	102.94	6.94	0.00	N18	408.14	102.99	6.99	0.00
N3	0.00	135.79	107.79	0.00	N3	0.00	135.85	107.85	0.00
N7	74.05	54.33	13.33	0.00	N7	114.95	54.66	13.66	0.00
N13	0.00	91.53	11.53	0.00	N13	0.00	91.75	11.75	0.00
N14	0.00	89.63	9.63	0.00	N14	0.00	89.84	9.84	0.00
N8	0.00	99.32	1.32	0.00	N8	0.00	99.50	1.50	0.00
N9	0.00	97.81	-0.19	0.00	N9	0.00	97.99	-0.01	0.00
N21	0.00	349.17	349.17	0.00	N21	0.00	349.20	349.20	0.00
N20	0.00	482.22	482.22	0.00	N20	0.00	482.23	482.23	0.00
N17	0.00	102.96	-13.04	0.00					
N16	0.00	102.96	-13.04	0.00					
N22	0.00	405.08	405.08	0.00					
N12	0.00	279.48	224.48	0.00					
N5	0.00	57.20	35.20	0.00					
N6	0.00	54.34	32.34	0.00					
T_1	-800.57	28.00	0.00	0.00 Reservoir					
R_Tocha	31.17	89.63	3.63	0.00 Tank					
R_Fontinha	48.45	97.81	3.81	0.00 Tank					
R_Lemedede	73.94	102.96	2.96	0.00 Tank					
R_Mira	34.05	54.34	3.34	0.00 Tank					

Link Results at 17:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	364.81	1.05	3.22	Open
Tb_3	74.05	0.65	2.57	Open
Tb_10	115.23	0.00	0.00	Open
Tb_11	84.06	0.74	2.88	Open
Tb_7	90.05	0.80	3.32	Open
Tb_6	138.50	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.10	1.00	5.49	Open
Tb_5	138.50	0.56	26.13	Open
Tb_1	138.50	0.54	1.38	Open
Tb_16	438.74	0.62	19625.71	Open
Tb_13	438.74	0.00	0.00	Open
Tb_12	438.74	0.68	46.82	Open
Tb_17	115.23	0.65	435.10	Open

Page 96
Node Results at 17:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	103.01	-12.99	0.00
N16	0.00	103.01	-12.99	0.00
N22	0.00	405.10	405.10	0.00
N12	0.00	279.58	224.58	0.00

N5	0.00	57.54	35.54	0.00	N15	95.38	89.97	23.97	0.00
N6	0.00	54.69	32.69	0.00	N4	0.00	54.55	18.55	0.00
T_1	-800.29	28.00	0.00	0.00 Reservoir	N2	0.00	349.22	321.22	0.00
R_Tocha	29.62	89.84	3.84	0.00 Tank	N10	134.47	98.04	24.04	0.00
R_Fontinha	51.62	97.99	3.99	0.00 Tank	N1	0.00	501.85	473.85	0.00
R_Lemedede	30.58	103.01	3.01	0.00 Tank	N18	309.47	102.99	6.99	0.00
R_Mira	-7.04	54.69	3.69	0.00 Tank	N3	0.00	54.55	26.55	0.00
					N7	36.55	54.54	13.54	0.00

Link Results at 17:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	408.14	1.18	4.01		Open
Tb_3	114.95	1.02	6.05		Open
Tb_10	115.20	0.00	0.00		Open
Tb_11	85.58	0.76	2.98		Open
Tb_7	86.84	0.77	3.09		Open
Tb_6	138.46	0.00	0.00		Open
Tb_20	107.91	0.99	5.47		Open
Tb_5	138.46	0.56	26.12		Open
Tb_1	138.46	0.54	1.38		Open
Tb_16	438.72	0.62	19623.77		Open
Tb_13	438.72	0.00	0.00		Open
Tb_12	438.72	0.68	46.82		Open
Tb_17	115.20	0.65	434.84		Open
Tb_8	115.20	0.67	34.84		Open
Tb_9	115.20	0.92	61.86		Open
Tb_18	107.91	0.64	30.93		Open
Tb_19	107.91	0.00	0.00		Open
B.Tocha	115.20	0.00	-377.54		Open Pump
B.Fontinha	138.46	0.00	-321.20		Open Pump
B.Lemedede	438.72	0.00	-473.86		Open Pump
B.Mira1	53.96	0.00	-107.85		Open Pump
B.Mira2	53.96	0.00	-107.85		Open Pump
V3	115.20	1.02	1.90		Open Valve
V2	138.46	0.54	1.51		Open Valve
V4	438.72	0.62	0.00		Open Valve
V1	107.91	0.61	2.85		Open Valve

Link Results at 18:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	309.47	0.89	2.34		Open
Tb_3	36.55	0.32	0.66		Open
Tb_10	115.17	0.00	0.00		Open
Tb_11	95.38	0.84	3.66		Open
Tb_7	134.47	1.19	7.18		Open
Tb_6	138.44	0.00	0.00		Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_5	138.44	0.56	26.11		Open
Tb_1	138.44	0.54	1.41		Open
Tb_16	438.73	0.62	19624.22		Open
Tb_13	438.73	0.00	0.00		Open
Tb_12	438.73	0.68	46.82		Open
Tb_17	115.17	0.65	434.69		Open
Tb_8	115.17	0.67	34.83		Open
Tb_9	115.17	0.92	61.84		Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00		Open
B.Tocha	115.17	0.00	-377.56		Open Pump
B.Fontinha	138.44	0.00	-321.22		Open Pump
B.Lemedede	438.73	0.00	-473.85		Open Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00		Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00		Closed Pump
V3	115.17	1.02	1.90		Open Valve
V2	138.44	0.54	1.51		Open Valve
V4	438.73	0.62	0.00		Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00		Open Valve

Node Results at 17:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.55	377.55	0.00
N15	91.11	89.91	23.91	0.00
N4	0.00	134.81	98.81	0.00
N2	0.00	349.22	321.22	0.00
N10	135.21	98.04	24.04	0.00
N1	0.00	501.85	473.85	0.00
N18	500.12	102.99	6.99	0.00
N3	0.00	135.84	107.84	0.00
N7	124.38	54.61	13.61	0.00
N13	0.00	91.82	11.82	0.00
N14	0.00	89.92	9.92	0.00
N8	0.00	99.58	1.58	0.00
N9	0.00	98.07	0.07	0.00
N21	0.00	349.22	349.22	0.00
N20	0.00	482.24	482.24	0.00
N17	0.00	103.02	-12.98	0.00
N16	0.00	103.02	-12.98	0.00
N22	0.00	405.11	405.11	0.00
N12	0.00	279.62	224.62	0.00
N5	0.00	57.50	35.50	0.00
N6	0.00	54.65	32.65	0.00
T_1	-800.28	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	24.08	89.92	3.92	0.00 Tank
R_Fontinha	3.23	98.07	4.07	0.00 Tank
R_Lemedede	-61.40	103.02	3.02	0.00 Tank
R_Mira	-16.44	54.65	3.65	0.00 Tank

Link Results at 17:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	500.12	1.44	5.98		Open
Tb_3	124.38	1.10	7.05		Open
Tb_10	115.18	0.00	0.00		Open
Tb_11	91.11	0.81	3.36		Open
Tb_7	135.21	1.20	7.26		Open
Tb_6	138.44	0.00	0.00		Open
Tb_20	107.93	0.99	5.48		Open
Tb_5	138.44	0.56	26.11		Open
Tb_1	138.44	0.54	1.41		Open
Tb_16	438.72	0.62	19623.32		Open
Tb_13	438.72	0.00	0.00		Open
Tb_12	438.72	0.68	46.82		Open
Tb_17	115.18	0.65	434.76		Open
Tb_8	115.18	0.67	34.84		Open
Tb_9	115.18	0.92	61.85		Open

Link Results at 17:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	107.93	0.64	30.94		Open
Tb_19	107.93	0.00	0.00		Open
B.Tocha	115.18	0.00	-377.55		Open Pump
B.Fontinha	138.44	0.00	-321.22		Open Pump
B.Lemedede	438.72	0.00	-473.86		Open Pump
B.Mira1	53.97	0.00	-107.84		Open Pump
B.Mira2	53.97	0.00	-107.84		Open Pump
V3	115.18	1.02	1.90		Open Valve
V2	138.44	0.54	1.51		Open Valve
V4	438.72	0.62	0.00		Open Valve
V1	107.93	0.61	2.85		Open Valve

Node Results at 18:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.56	377.56	0.00

Link Results at 18:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	292.53	0.84	2.09		Open
Tb_3	39.22	0.35	0.76		Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_11	70.24	0.62	2.04		Open
Tb_7	94.77	0.84	3.66		Open
Tb_6	138.44	0.00	0.00		Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_5	138.44	0.56	26.11		Open
Tb_1	138.44	0.54	1.41		Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00		Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00		Open

Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	138.44	0.00	-321.22	Open Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	138.44	0.54	1.51	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 103

Link Results at 18:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	294.21	0.85		2.12	Open
Tb_3	2.73	0.02		0.01	Open
Tb_10	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_11	52.51	0.46		1.18	Open
Tb_7	99.05	0.88		3.98	Open
Tb_6	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00		0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00		0.00	Open Valve

Page 101

Node Results at 18:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	89.85	61.85	0.00
N15	492.14	89.40	23.40	0.00
N4	0.00	54.08	18.08	0.00
N2	0.00	98.16	70.16	0.00
N10	95.37	98.14	24.14	0.00
N1	0.00	102.93	74.93	0.00
N18	290.42	102.92	6.92	0.00
N3	0.00	54.08	26.08	0.00
N7	31.30	54.08	13.08	0.00
N13	0.00	89.85	9.85	0.00
N14	0.00	89.85	9.85	0.00
N8	0.00	98.16	0.16	0.00
N9	0.00	98.16	0.16	0.00
N21	0.00	98.16	98.16	0.00
N20	0.00	102.93	102.93	0.00
N17	0.00	102.93	-13.07	0.00
N16	0.00	102.93	-13.07	0.00
N22	0.00	89.85	89.85	0.00
N12	0.00	89.85	34.85	0.00
N5	0.00	54.08	32.08	0.00
N6	0.00	54.08	32.08	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-492.14	89.85	3.85	0.00 Tank
R.Fontinha	-95.37	98.16	4.16	0.00 Tank
R.Lemede	-290.42	102.93	2.93	0.00 Tank
R.Mira	-31.30	54.08	3.08	0.00 Tank

Node Results at 19:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.40	60.40	0.00
N15	81.02	88.39	22.39	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.83	69.83	0.00
N10	97.93	97.81	23.81	0.00
N1	0.00	102.70	74.70	0.00
N18	280.73	102.69	6.69	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	0.03	53.87	12.87	0.00
N13	0.00	88.40	8.40	0.00
N14	0.00	88.40	8.40	0.00
N8	0.00	97.83	-0.17	0.00
N9	0.00	97.83	-0.17	0.00
N21	0.00	97.83	97.83	0.00
N20	0.00	102.70	102.70	0.00

Link Results at 18:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	290.42	0.84		2.06	Open
Tb_3	31.30	0.28		0.49	Open
Tb_10	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_11	492.14	4.35		89.70	Open
Tb_7	95.37	0.84		3.70	Open
Tb_6	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00		0.00	Open

Page 104

Node Results at 19:00 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.70	-13.30	0.00
N16	0.00	102.70	-13.30	0.00
N22	0.00	88.40	88.40	0.00
N12	0.00	88.40	33.40	0.00
N5	0.00	53.87	31.87	0.00
N6	0.00	53.87	31.87	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-81.02	88.40	2.40	0.00 Tank
R.Fontinha	-97.93	97.83	3.83	0.00 Tank
R.Lemede	-280.73	102.70	2.70	0.00 Tank
R.Mira	-0.03	53.87	2.87	0.00 Tank

Page 102

Link Results at 18:30 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00		0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00		0.00	Open Valve

Link Results at 19:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	280.73	0.81		1.93	Open
Tb_3	0.03	0.00		0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_11	81.02	0.72		2.68	Open
Tb_7	97.93	0.87		3.90	Open
Tb_6	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00		0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00		0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00		0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00		0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00		0.00	Open Valve

Node Results at 18:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.54	60.54	0.00
N15	52.51	88.53	22.53	0.00
N4	0.00	53.89	17.89	0.00
N2	0.00	98.00	70.00	0.00
N10	99.05	97.98	23.98	0.00
N1	0.00	102.82	74.82	0.00
N18	294.21	102.80	6.80	0.00
N3	0.00	53.89	25.89	0.00
N7	2.73	53.89	12.89	0.00
N13	0.00	88.54	8.54	0.00
N14	0.00	88.54	8.54	0.00
N8	0.00	98.00	0.00	0.00
N9	0.00	98.00	0.00	0.00
N21	0.00	98.00	98.00	0.00
N20	0.00	102.82	102.82	0.00
N17	0.00	102.82	-13.18	0.00
N16	0.00	102.82	-13.18	0.00
N22	0.00	88.54	88.54	0.00
N12	0.00	88.54	33.54	0.00
N5	0.00	53.89	31.89	0.00
N6	0.00	53.89	31.89	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-52.51	88.54	2.54	0.00 Tank
R.Fontinha	-99.05	98.00	4.00	0.00 Tank
R.Lemede	-294.21	102.82	2.82	0.00 Tank
R.Mira	-2.73	53.89	2.89	0.00 Tank

Page 105

Node Results at 19:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	88.18	60.18	0.00
N15	88.21	88.17	22.17	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.67	69.67	0.00
N10	98.38	97.65	23.65	0.00
N1	0.00	102.58	74.58	0.00
N18	283.89	102.57	6.57	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00

N7	0.05	53.87	12.87	0.00	V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N13	0.00	88.18	8.18	0.00	V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N14	0.00	88.18	8.18	0.00	V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N8	0.00	97.67	-0.33	0.00	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N9	0.00	97.67	-0.33	0.00					
N21	0.00	97.67	97.67	0.00					
N20	0.00	102.58	102.58	0.00					
N17	0.00	102.58	-13.42	0.00					
N16	0.00	102.58	-13.42	0.00					
N22	0.00	88.18	88.18	0.00					
N12	0.00	88.18	33.18	0.00					
N5	0.00	53.87	31.87	0.00					
N6	0.00	53.87	31.87	0.00					
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00	Reservoir				
R_Tocha	-88.21	88.18	2.18	0.00	Tank				
R_Fontinha	-98.38	97.67	3.67	0.00	Tank				
R_Lemede	-283.89	102.58	2.58	0.00	Tank				
R_Mira	-0.05	53.87	2.87	0.00	Tank				

Link Results at 19:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	283.89	0.82	1.98	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	88.21	0.78	3.16	Open
Tb_7	98.38	0.87	3.93	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open

Page 106
Link Results at 19:15 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 19:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.95	59.95	0.00
N15	65.94	87.94	21.94	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.51	69.51	0.00
N10	95.44	97.49	23.49	0.00
N1	0.00	102.47	74.47	0.00
N18	276.94	102.46	6.46	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	0.05	53.87	12.87	0.00
N13	0.00	87.95	7.95	0.00
N14	0.00	87.95	7.95	0.00
N8	0.00	97.51	-0.49	0.00
N9	0.00	97.51	-0.49	0.00
N21	0.00	97.51	97.51	0.00
N20	0.00	102.47	102.47	0.00
N17	0.00	102.47	-13.53	0.00
N16	0.00	102.47	-13.53	0.00
N22	0.00	87.95	87.95	0.00
N12	0.00	87.95	32.95	0.00
N5	0.00	53.87	31.87	0.00
N6	0.00	53.87	31.87	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	-65.94	87.95	1.95	0.00 Tank
R_Fontinha	-95.44	97.51	3.51	0.00 Tank
R_Lemede	-276.94	102.47	2.47	0.00 Tank
R_Mira	-0.05	53.87	2.87	0.00 Tank

Page 107

Link Results at 19:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	276.94	0.80	1.88	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	65.94	0.58	1.81	Open
Tb_6	95.44	0.84	3.71	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump

Node Results at 19:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.77	59.77	0.00
N15	86.59	87.76	21.76	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.35	69.35	0.00
N10	96.27	97.33	23.33	0.00
N1	0.00	102.35	74.35	0.00
N18	267.68	102.35	6.35	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	0.05	53.87	12.87	0.00
N13	0.00	87.77	7.77	0.00
N14	0.00	87.77	7.77	0.00
N8	0.00	97.35	-0.65	0.00
N9	0.00	97.35	-0.65	0.00
N21	0.00	97.35	97.35	0.00
N20	0.00	102.35	102.35	0.00

Page 108
Node Results at 19:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.35	-13.65	0.00
N16	0.00	102.35	-13.65	0.00
N22	0.00	87.77	87.77	0.00
N12	0.00	87.77	32.77	0.00
N5	0.00	53.87	31.87	0.00
N6	0.00	53.87	31.87	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	-86.59	87.77	1.77	0.00 Tank
R_Fontinha	-96.27	97.35	3.35	0.00 Tank
R_Lemede	-267.68	102.35	2.35	0.00 Tank
R_Mira	-0.05	53.87	2.87	0.00 Tank

Link Results at 19:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	267.68	0.77	1.76	Open
Tb_3	0.08	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	86.59	0.77	3.05	Open
Tb_7	96.27	0.85	3.77	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 109
Node Results at 20:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.54	59.54	0.00
N15	77.96	87.53	21.53	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.19	69.19	0.00
N10	97.17	97.17	23.17	0.00
N1	0.00	102.25	74.25	0.00
N18	244.51	102.24	6.24	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	0.77	53.87	12.87	0.00
N13	0.00	87.54	7.54	0.00
N14	0.00	87.54	7.54	0.00
N8	0.00	97.19	-0.81	0.00
N9	0.00	97.19	-0.81	0.00
N21	0.00	97.19	97.19	0.00
N20	0.00	102.25	102.25	0.00
N17	0.00	102.25	-13.75	0.00
N16	0.00	102.25	-13.75	0.00
N22	0.00	87.54	87.54	0.00
N12	0.00	87.54	32.54	0.00
N5	0.00	53.87	31.87	0.00
N6	0.00	53.87	31.87	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	Reservoir
R_Tocha	-77.96	87.54	1.54	0.00 Tank
R_Fontinha	-97.17	97.19	3.19	0.00 Tank
R_Lemede	-244.51	102.25	2.25	0.00 Tank
R_Mira	-0.77	53.87	2.87	0.00 Tank

Link Results at 20:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	244.51	0.71	1.48	Open
Tb_3	0.77	0.01	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	77.96	0.69	2.49	Open

Tb_7	97.17	0.86	3.84	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open

Page 110
Link Results at 20:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 20:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	87.34	59.34	0.00
N15	59.79	87.33	21.33	0.00
N4	0.00	53.87	17.87	0.00
N2	0.00	97.02	69.02	0.00
N10	94.99	97.00	23.00	0.00
N1	0.00	102.15	74.15	0.00
N18	234.40	102.14	6.14	0.00
N3	0.00	53.87	25.87	0.00
N7	23.78	53.86	12.86	0.00
N13	0.00	87.34	7.34	0.00
N14	0.00	87.34	7.34	0.00
N8	0.00	97.02	-0.98	0.00
N9	0.00	97.02	-0.98	0.00
N21	0.00	97.02	97.02	0.00
N20	0.00	102.15	102.15	0.00
N17	0.00	102.15	-13.85	0.00
N16	0.00	102.15	-13.85	0.00
N22	0.00	87.34	87.34	0.00
N12	0.00	87.34	32.34	0.00
N5	0.00	53.87	31.87	0.00
N6	0.00	53.87	31.87	0.00
T_1	0.00	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	-59.79	87.34	1.34	0.00 Tank
R.Fontinha	-94.99	97.02	3.02	0.00 Tank
R.Lemede	-234.40	102.15	2.15	0.00 Tank
R.Mira	-23.78	53.87	2.87	0.00 Tank

Page 111
Link Results at 20:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	234.40	0.68	1.36	Open
Tb_3	23.78	0.21	0.29	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	59.79	0.53	1.51	Open
Tb_7	94.99	0.84	3.67	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 20:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.20	377.20	0.00
N15	54.99	87.17	21.17	0.00
N4	0.00	53.72	17.72	0.00
N2	0.00	96.86	68.86	0.00
N10	92.89	96.85	22.85	0.00
N1	0.00	102.05	74.05	0.00
N18	245.77	102.04	6.04	0.00
N3	0.00	53.72	25.72	0.00
N7	40.11	53.72	12.72	0.00
N13	0.00	89.09	9.09	0.00
N14	0.00	87.18	7.18	0.00
N8	0.00	96.86	-1.14	0.00
N9	0.00	96.86	-1.14	0.00
N21	0.00	96.86	96.86	0.00
N20	0.00	102.05	102.05	0.00

Page 112

Node Results at 20:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.05	-13.95	0.00
N16	0.00	102.05	-13.95	0.00
N22	0.00	404.76	404.76	0.00
N12	0.00	278.31	223.31	0.00
N5	0.00	53.72	31.72	0.00
N6	0.00	53.72	31.72	0.00
T_1	-115.62	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	60.64	87.18	1.18	0.00 Tank
R.Fontinha	-92.89	96.86	2.86	0.00 Tank
R.Lemede	-245.77	102.05	2.05	0.00 Tank
R.Mira	-40.11	53.72	2.72	0.00 Tank

Link Results at 20:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	245.77	0.71	1.49	Open
Tb_3	40.11	0.35	0.79	Open
Tb_10	115.62	0.00	0.00	Open
Tb_11	54.99	0.49	1.29	Open
Tb_7	92.89	0.82	3.52	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.62	0.65	438.08	Open
Tb_8	115.62	0.68	35.10	Open
Tb_9	115.62	0.93	62.32	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.62	0.00	-377.20	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.62	1.02	1.92	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 113
Node Results at 20:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.22	377.22	0.00
N15	62.50	87.33	21.33	0.00
N4	0.00	53.47	17.47	0.00
N2	0.00	96.71	68.71	0.00
N10	93.49	96.69	22.69	0.00
N1	0.00	101.95	73.95	0.00
N18	244.51	101.94	5.94	0.00
N3	0.00	53.47	25.47	0.00
N7	39.78	53.47	12.47	0.00
N13	0.00	89.25	9.25	0.00
N14	0.00	87.34	7.34	0.00
N8	0.00	96.71	-1.29	0.00
N9	0.00	96.71	-1.29	0.00
N21	0.00	96.71	96.71	0.00
N20	0.00	101.95	101.95	0.00
N17	0.00	101.95	-14.05	0.00
N16	0.00	101.95	-14.05	0.00
N22	0.00	404.78	404.78	0.00
N12	0.00	278.39	223.39	0.00
N5	0.00	53.47	31.47	0.00
N6	0.00	53.47	31.47	0.00
T_1	-115.60	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R.Tocha	53.10	87.34	1.34	0.00 Tank
R.Fontinha	-93.49	96.71	2.71	0.00 Tank
R.Lemede	-244.51	101.95	1.95	0.00 Tank
R.Mira	-39.78	53.47	2.47	0.00 Tank

Link Results at 20:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	244.51	0.71	1.48	Open
Tb_3	39.78	0.35	0.78	Open
Tb_10	115.60	0.00	0.00	Open
Tb_11	62.50	0.55	1.64	Open
Tb_7	93.49	0.83	3.56	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.60	0.65	437.85	Open
Tb_8	115.60	0.68	35.08	Open
Tb_9	115.60	0.93	62.29	Open

Page 114
Link Results at 20:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.60	0.00	-377.22	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.60	1.02	1.92	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve

V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Tb_5	138.81	0.56	26.25	Open
Node Results at 21:00 Hrs:					Tb_1	138.81	0.55	1.41	Open
Node ID					Tb_16	439.22	0.62	19668.79	Open
Demand CMH					Tb_13	439.22	0.00	0.00	Open
Head m					Tb_12	439.22	0.68	46.92	Open
Pressure m					Tb_17	115.55	0.65	437.52	Open
Quality					Tb_8	115.55	0.68	35.06	Open
N11	0.00	405.24	377.24	0.00	Tb_9	115.55	0.93	62.24	Open
N15	62.27	87.47	21.47	0.00	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
N4	0.00	53.23	17.23	0.00	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
N2	0.00	96.55	68.55	0.00	B.Tocha	115.55	0.00	-377.25	Open Pump
N10	72.58	96.54	22.54	0.00	B.Fontinha	138.81	0.00	-320.91	Open Pump
N1	0.00	101.85	73.85	0.00	B.Lemede	439.22	0.00	-473.54	Open Pump
N18	183.01	101.85	5.85	0.00	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N3	0.00	53.23	25.23	0.00	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N7	39.01	53.23	12.23	0.00	V3	115.55	1.02	1.91	Open Valve
N13	0.00	89.39	9.39	0.00	V2	138.81	0.55	1.52	Open Valve
N14	0.00	87.48	7.48	0.00	V4	439.22	0.62	0.00	Open Valve
N8	0.00	96.55	-1.45	0.00	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve
N9	0.00	96.55	-1.45	0.00					
N21	0.00	96.55	96.55	0.00					
N20	0.00	101.85	101.85	0.00					
N17	0.00	101.85	-14.15	0.00					
N16	0.00	101.85	-14.15	0.00					
N22	0.00	404.80	404.80	0.00					
N12	0.00	278.46	223.46	0.00					
N5	0.00	53.23	31.23	0.00					
N6	0.00	53.23	31.23	0.00					
T_1	-115.57	28.00	0.00	0.00 Reservoir					
R_Tocha	53.30	87.48	1.48	0.00 Tank					
R_Fontinha	-72.58	96.55	2.55	0.00 Tank					
R_Lemede	-183.01	101.85	1.85	0.00 Tank					
R_Mira	-39.01	53.23	2.23	0.00 Tank					

Page 117

Node Results at 21:30 Hrs:

Node ID					Node ID				
Demand CMH					Demand CMH				
Head m					Head m				
Pressure m					Pressure m				
Quality					Quality				
N11	0.00	405.26	377.26	0.00	N11	0.00	405.26	377.26	0.00
N15	56.31	87.70	21.70	0.00	N15	56.31	87.70	21.70	0.00
N4	0.00	52.75	16.75	0.00	N4	0.00	52.75	16.75	0.00
N2	0.00	348.93	320.93	0.00	N2	0.00	348.93	320.93	0.00
N10	81.50	96.52	22.52	0.00	N10	81.50	96.52	22.52	0.00
N1	0.00	501.56	473.56	0.00	N1	0.00	501.56	473.56	0.00
N18	364.96	101.83	5.83	0.00	N18	364.96	101.83	5.83	0.00
N3	0.00	52.75	24.75	0.00	N3	0.00	52.75	24.75	0.00
N7	14.61	52.75	11.75	0.00	N7	14.61	52.75	11.75	0.00
N13	0.00	89.62	9.62	0.00	N13	0.00	89.62	9.62	0.00
N14	0.00	87.71	7.71	0.00	N14	0.00	87.71	7.71	0.00
N8	0.00	98.05	0.05	0.00	N8	0.00	98.05	0.05	0.00
N9	0.00	96.54	-1.46	0.00	N9	0.00	96.54	-1.46	0.00
N21	0.00	348.93	348.93	0.00	N21	0.00	348.93	348.93	0.00
N20	0.00	481.89	481.89	0.00	N20	0.00	481.89	481.89	0.00
N17	0.00	101.85	-14.15	0.00	N17	0.00	101.85	-14.15	0.00
N16	0.00	101.85	-14.15	0.00	N16	0.00	101.85	-14.15	0.00
N22	0.00	404.83	404.83	0.00	N22	0.00	404.83	404.83	0.00
N12	0.00	278.57	223.57	0.00	N12	0.00	278.57	223.57	0.00
N5	0.00	52.75	30.75	0.00	N5	0.00	52.75	30.75	0.00
N6	0.00	52.75	30.75	0.00	N6	0.00	52.75	30.75	0.00
T_1	-693.52	28.00	0.00	0.00 Reservoir	T_1	-693.52	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	59.23	87.71	1.71	0.00 Tank	R_Tocha	59.23	87.71	1.71	0.00 Tank
R_Fontinha	57.28	96.54	2.54	0.00 Tank	R_Fontinha	57.28	96.54	2.54	0.00 Tank
R_Lemede	74.23	101.85	1.85	0.00 Tank	R_Lemede	74.23	101.85	1.85	0.00 Tank
R_Mira	-14.62	52.75	1.75	0.00 Tank	R_Mira	-14.62	52.75	1.75	0.00 Tank

Page 115

Link Results at 21:00 Hrs:

Link ID					Link ID				
Flow CMH					Flow CMH				
Velocity m/s					Velocity m/s				
Unit Headloss m/km					Unit Headloss m/km				
Status					Status				
Tb_14	183.01	0.53	0.84	Open	Tb_14	183.01	0.53	0.84	Open
Tb_3	39.01	0.34	0.75	Open	Tb_3	39.01	0.34	0.75	Open
Tb_10	115.57	0.00	0.00	Open	Tb_10	115.57	0.00	0.00	Open
Tb_11	62.27	0.55	1.63	Open	Tb_11	62.27	0.55	1.63	Open
Tb_7	72.58	0.64	2.20	Open	Tb_7	72.58	0.64	2.20	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	115.57	0.65	437.70	Open	Tb_17	115.57	0.65	437.70	Open
Tb_8	115.57	0.68	35.07	Open	Tb_8	115.57	0.68	35.07	Open
Tb_9	115.57	0.93	62.27	Open	Tb_9	115.57	0.93	62.27	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.57	0.00	-377.24	Open Pump	B.Tocha	115.57	0.00	-377.24	Open Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	115.57	1.02	1.91	Open Valve	V3	115.57	1.02	1.91	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Node Results at 21:15 Hrs:

Node ID					Node ID				
Demand CMH					Demand CMH				
Head m					Head m				
Pressure m					Pressure m				
Quality					Quality				
N11	0.00	405.25	377.25	0.00	N11	0.00	405.25	377.25	0.00
N15	83.55	87.61	21.61	0.00	N15	83.55	87.61	21.61	0.00
N4	0.00	52.99	16.99	0.00	N4	0.00	52.99	16.99	0.00
N2	0.00	348.91	320.91	0.00	N2	0.00	348.91	320.91	0.00
N10	74.99	96.42	22.42	0.00	N10	74.99	96.42	22.42	0.00
N1	0.00	501.54	473.54	0.00	N1	0.00	501.54	473.54	0.00
N18	266.98	101.77	5.77	0.00	N18	266.98	101.77	5.77	0.00
N3	0.00	52.99	24.99	0.00	N3	0.00	52.99	24.99	0.00
N7	38.84	52.99	11.99	0.00	N7	38.84	52.99	11.99	0.00
N13	0.00	89.54	9.54	0.00	N13	0.00	89.54	9.54	0.00
N14	0.00	87.62	7.62	0.00	N14	0.00	87.62	7.62	0.00
N8	0.00	97.95	-0.05	0.00	N8	0.00	97.95	-0.05	0.00
N9	0.00	96.43	-1.57	0.00	N9	0.00	96.43	-1.57	0.00
N21	0.00	348.91	348.91	0.00	N21	0.00	348.91	348.91	0.00
N20	0.00	481.87	481.87	0.00	N20	0.00	481.87	481.87	0.00

Page 116

Node Results at 21:15 Hrs: (continued)

Node ID					Node ID				
Demand CMH					Demand CMH				
Head m					Head m				
Pressure m					Pressure m				
Quality					Quality				
N17	0.00	101.78	-14.22	0.00	N17	0.00	101.78	-14.22	0.00
N16	0.00	101.78	-14.22	0.00	N16	0.00	101.78	-14.22	0.00
N22	0.00	404.82	404.82	0.00	N22	0.00	404.82	404.82	0.00
N12	0.00	278.52	223.52	0.00	N12	0.00	278.52	223.52	0.00
N5	0.00	52.99	30.99	0.00	N5	0.00	52.99	30.99	0.00
N6	0.00	52.99	30.99	0.00	N6	0.00	52.99	30.99	0.00
T_1	-693.58	28.00	0.00	0.00 Reservoir	T_1	-693.58	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	32.00	87.62	1.62	0.00 Tank	R_Tocha	32.00	87.62	1.62	0.00 Tank
R_Fontinha	63.81	96.43	2.43	0.00 Tank	R_Fontinha	63.81	96.43	2.43	0.00 Tank
R_Lemede	172.25	101.78	1.78	0.00 Tank	R_Lemede	172.25	101.78	1.78	0.00 Tank
R_Mira	-38.84	52.99	1.99	0.00 Tank	R_Mira	-38.84			

N6	0.00	52.66	30.66	0.00		N11	0.00	405.32	377.32	0.00
T_1	-693.46	28.00	0.00	0.00	Reservoir	N15	65.37	88.09	22.09	0.00
R_Tocha	58.17	87.86	1.86	0.00	Tank	N4	0.00	52.66	16.66	0.00
R_Fontinha	57.55	96.63	2.63	0.00	Tank	N2	0.00	348.99	320.99	0.00
R_Lemede	90.46	101.88	1.88	0.00	Tank	N10	78.94	96.82	22.82	0.00
R_Mira	-0.05	52.66	1.66	0.00	Tank	N1	0.00	501.58	473.58	0.00

Page 119
Link Results at 21:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	348.72	1.01	2.95	Open	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	Open	Open
Tb_10	115.51	0.00	0.00	Open	Open
Tb_11	57.34	0.51	1.39	Open	Open
Tb_7	81.21	0.72	2.72	Open	Open
Tb_6	138.76	0.00	0.00	Open	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	Open
Tb_5	138.76	0.56	26.23	Open	Open
Tb_1	138.76	0.55	1.41	Open	Open
Tb_16	439.18	0.62	19665.11	Open	Open
Tb_13	439.18	0.00	0.00	Open	Open
Tb_12	439.18	0.68	46.92	Open	Open
Tb_17	115.51	0.65	437.26	Open	Open
Tb_8	115.51	0.68	35.03	Open	Open
Tb_9	115.51	0.93	62.20	Open	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Open
B_Tocha	115.51	0.00	-377.29	Open Pump	Open Pump
B_Fontinha	138.76	0.00	-320.95	Open Pump	Open Pump
B_Lemede	439.18	0.00	-473.56	Open Pump	Open Pump
B_Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Closed Pump
B_Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Closed Pump
V3	115.51	1.02	1.91	Open Valve	Open Valve
V2	138.76	0.55	1.51	Open Valve	Open Valve
V4	439.18	0.62	0.00	Open Valve	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Open Valve

Node Results at 22:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.31	377.31	0.00
N15	84.36	88.00	22.00	0.00
N4	0.00	52.66	16.66	0.00
N2	0.00	348.97	320.97	0.00
N10	74.87	96.72	22.72	0.00
N1	0.00	501.57	473.57	0.00
N18	344.51	101.90	5.90	0.00
N3	0.00	52.66	24.66	0.00
N7	0.05	52.66	11.66	0.00
N13	0.00	89.93	9.93	0.00
N14	0.00	88.02	8.02	0.00
N8	0.00	98.24	0.24	0.00
N9	0.00	96.73	-1.27	0.00
N21	0.00	348.96	348.96	0.00
N20	0.00	481.91	481.91	0.00

Page 120
Node Results at 22:00 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	101.91	-14.09	0.00
N16	0.00	101.91	-14.09	0.00
N22	0.00	404.87	404.87	0.00
N12	0.00	278.71	223.71	0.00
N5	0.00	52.66	30.66	0.00
N6	0.00	52.66	30.66	0.00
T_1	-693.40	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	31.12	88.02	2.02	0.00 Tank
R_Fontinha	63.87	96.73	2.73	0.00 Tank
R_Lemede	94.66	101.91	1.91	0.00 Tank
R_Mira	-0.05	52.66	1.66	0.00 Tank

Link Results at 22:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	344.51	0.99	2.88	Open	Open
Tb_3	0.05	0.00	0.00	Open	Open
Tb_10	115.49	0.00	0.00	Open	Open
Tb_11	84.36	0.75	2.90	Open	Open
Tb_7	74.87	0.66	2.33	Open	Open
Tb_6	138.74	0.00	0.00	Open	Open
Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open	Open
Tb_5	138.74	0.56	26.22	Open	Open
Tb_1	138.74	0.55	1.41	Open	Open
Tb_16	439.17	0.62	19663.80	Open	Open
Tb_13	439.17	0.00	0.00	Open	Open
Tb_12	439.17	0.68	46.91	Open	Open
Tb_17	115.49	0.65	437.03	Open	Open
Tb_8	115.49	0.67	35.02	Open	Open
Tb_9	115.49	0.93	62.17	Open	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Open
B_Tocha	115.49	0.00	-377.31	Open Pump	Open Pump
B_Fontinha	138.74	0.00	-320.97	Open Pump	Open Pump
B_Lemede	439.17	0.00	-473.57	Open Pump	Open Pump
B_Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Closed Pump
B_Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	Closed Pump
V3	115.49	1.02	1.91	Open Valve	Open Valve
V2	138.74	0.55	1.51	Open Valve	Open Valve
V4	439.17	0.62	0.00	Open Valve	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	Open Valve

Page 121
Node Results at 22:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.33	377.33	0.00
N15	77.67	88.22	22.22	0.00
N4	0.00	134.42	98.42	0.00
N2	0.00	349.01	321.01	0.00
N10	73.03	96.93	22.93	0.00
N1	0.00	501.59	473.59	0.00
N18	327.12	101.98	5.98	0.00
N3	0.00	135.47	107.47	0.00
N7	12.16	52.66	11.66	0.00
N13	0.00	90.15	10.15	0.00
N14	0.00	88.24	8.24	0.00
N8	0.00	98.45	0.45	0.00
N9	0.00	96.94	-1.06	0.00
N21	0.00	349.00	349.00	0.00
N20	0.00	481.93	481.93	0.00
N17	0.00	101.99	-14.01	0.00
N16	0.00	101.99	-14.01	0.00
N22	0.00	404.90	404.90	0.00
N12	0.00	278.82	223.82	0.00
N5	0.00	55.57	33.57	0.00
N6	0.00	52.66	30.66	0.00
T_1	-802.29	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	37.78	88.24	2.24	0.00 Tank
R_Fontinha	65.66	96.94	2.94	0.00 Tank
R_Lemede	112.02	101.99	1.99	0.00 Tank
R_Mira	96.84	52.66	1.66	0.00 Tank

Page 123
Link Results at 22:30 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	327.12	0.94	2.60	Open	Open
Tb_3	12.16	0.11	0.08	Open	Open
Tb_10	115.45	0.00	0.00	Open	Open
Tb_11	77.67	0.69	2.48	Open	Open
Tb_7	73.03	0.65	2.22	Open	Open
Tb_6	138.69	0.00	9301.76	Open	Open
Tb_20	109.00	1.00	5.58	Open	Open
Tb_5	138.69	0.56	26.21	Open	Open
Tb_1	138.69	0.55	1.38	Open	Open
Tb_16	439.14	0.62	19660.90	Open	Open
Tb_13	439.14	0.00	0.00	Open	Open
Tb_12	439.14	0.68	46.91	Open	Open
Tb_17	115.45	0.65	436.81	Open	Open

Tb_8	115.45	0.67	35.00	Open
Tb_9	115.45	0.93	62.14	Open
Tb_18	109.00	0.64	31.56	Open
Tb_19	109.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	115.45	0.00	-377.33	Open Pump
B.Fontinha	138.69	0.00	-321.01	Open Pump
B.Lemede	439.14	0.00	-473.59	Open Pump
B.Mira1	54.50	0.00	-107.47	Open Pump
B.Mira2	54.50	0.00	-107.47	Open Pump
V3	115.45	1.02	1.91	Open Valve
V2	138.69	0.55	1.51	Open Valve
V4	439.14	0.62	0.00	Open Valve
V1	109.00	0.62	2.91	Open Valve

Link Results at 23:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	289.92	0.84		2.06	Open
Tb_3	76.73	0.68		2.75	Open
Tb_10	115.42	0.00		0.00	Open
Tb_11	50.32	0.44		1.09	Open
Tb_7	69.54	0.61		2.03	Open
Tb_6	138.65	0.00		0.00	Open
Tb_20	108.57	1.00		5.54	Open
Tb_5	138.65	0.56		26.19	Open
Tb_1	138.65	0.54		1.41	Open
Tb_16	439.10	0.62		19657.29	Open
Tb_13	439.10	0.00		0.00	Open
Tb_12	439.10	0.68		46.90	Open
Tb_17	115.42	0.65		436.51	Open
Tb_8	115.42	0.67		34.98	Open
Tb_9	115.42	0.93		62.10	Open

Node Results at 22:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.35	377.35	0.00
N15	68.25	88.33	22.33	0.00
N4	0.00	134.54	98.54	0.00
N2	0.00	349.03	321.03	0.00
N10	76.08	97.03	23.03	0.00
N1	0.00	501.61	473.61	0.00
N18	308.69	102.03	6.03	0.00
N3	0.00	135.58	107.58	0.00
N7	73.97	53.24	12.24	0.00
N13	0.00	90.25	10.25	0.00
N14	0.00	88.34	8.34	0.00
N8	0.00	98.56	0.56	0.00
N9	0.00	97.05	-0.95	0.00
N21	0.00	349.02	349.02	0.00
N20	0.00	481.95	481.95	0.00

Page 126 Link Results at 23:00 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_18	108.57	0.64		31.31	Open
Tb_19	108.57	0.00		0.00	Open
B.Tocha	115.42	0.00		-377.36	Open Pump
B.Fontinha	138.65	0.00		-321.05	Open Pump
B.Lemede	439.10	0.00		-473.62	Open Pump
B.Mira1	54.29	0.00		-107.62	Open Pump
B.Mira2	54.29	0.00		-107.62	Open Pump
V3	115.42	1.02		1.91	Open Valve
V2	138.65	0.54		1.51	Open Valve
V4	439.10	0.62		0.00	Open Valve
V1	108.57	0.61		2.88	Open Valve

Page 124 Node Results at 22:45 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N17	0.00	102.04	-13.96	0.00
N16	0.00	102.04	-13.96	0.00
N22	0.00	404.91	404.91	0.00
N12	0.00	278.87	223.87	0.00
N5	0.00	56.15	34.15	0.00
N6	0.00	53.26	31.26	0.00
T_1	-801.91	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	47.19	88.34	2.34	0.00 Tank
R_Fontinha	62.59	97.05	3.05	0.00 Tank
R_Lemede	130.43	102.04	2.04	0.00 Tank
R_Mira	34.71	53.26	2.26	0.00 Tank

Node Results at 23:15 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.38	377.38	0.00
N15	76.53	88.62	22.62	0.00
N4	0.00	134.62	98.62	0.00
N2	0.00	349.07	321.07	0.00
N10	72.06	97.26	23.26	0.00
N1	0.00	501.64	473.64	0.00
N18	261.35	102.14	6.14	0.00
N3	0.00	135.66	107.66	0.00
N7	76.32	53.65	12.65	0.00
N13	0.00	90.54	10.54	0.00
N14	0.00	88.64	8.64	0.00
N8	0.00	98.78	0.78	0.00
N9	0.00	97.27	-0.73	0.00
N21	0.00	349.07	349.07	0.00
N20	0.00	481.98	481.98	0.00
N17	0.00	102.15	-13.85	0.00
N16	0.00	102.15	-13.85	0.00
N22	0.00	404.95	404.95	0.00
N12	0.00	279.01	224.01	0.00
N5	0.00	56.54	34.54	0.00
N6	0.00	53.66	31.66	0.00
T_1	-801.55	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	38.06	88.64	2.64	0.00 Tank
R_Fontinha	66.56	97.27	3.27	0.00 Tank
R_Lemede	177.72	102.15	2.15	0.00 Tank
R_Mira	32.14	53.66	2.66	0.00 Tank

Link Results at 22:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	308.69	0.89		2.33	Open
Tb_3	73.97	0.65		2.57	Open
Tb_10	115.44	0.00		0.00	Open
Tb_11	68.25	0.60		1.93	Open
Tb_7	76.08	0.67		2.40	Open
Tb_6	138.67	0.00		0.00	Open
Tb_20	108.68	1.00		5.55	Open
Tb_5	138.67	0.56		26.20	Open
Tb_1	138.67	0.54		1.41	Open
Tb_16	439.12	0.62		19659.23	Open
Tb_13	439.12	0.00		0.00	Open
Tb_12	439.12	0.68		46.90	Open
Tb_17	115.44	0.65		436.70	Open
Tb_8	115.44	0.67		34.99	Open
Tb_9	115.44	0.93		62.12	Open
Tb_18	108.68	0.64		31.37	Open
Tb_19	108.68	0.00		0.00	Open
B.Tocha	115.44	0.00		-377.35	Open Pump
B.Fontinha	138.67	0.00		-321.03	Open Pump
B.Lemede	439.12	0.00		-473.61	Open Pump
B.Mira1	54.34	0.00		-107.58	Open Pump
B.Mira2	54.34	0.00		-107.58	Open Pump
V3	115.44	1.02		1.91	Open Valve
V2	138.67	0.54		1.51	Open Valve
V4	439.12	0.62		0.00	Open Valve
V1	108.68	0.62		2.89	Open Valve

Page 127 Link Results at 23:15 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit	Headloss m/km	Status
Tb_14	261.35	0.75		1.68	Open
Tb_3	76.32	0.67		2.72	Open
Tb_10	115.39	0.00		0.00	Open
Tb_11	76.53	0.68		2.41	Open
Tb_7	72.06	0.64		2.17	Open
Tb_6	138.62	0.00		0.00	Open
Tb_20	108.46	1.00		5.53	Open
Tb_5	138.62	0.56		26.18	Open
Tb_1	138.62	0.54		1.41	Open
Tb_16	439.07	0.62		19655.10	Open
Tb_13	439.07	0.00		0.00	Open
Tb_12	439.07	0.68		46.89	Open
Tb_17	115.39	0.65		436.33	Open
Tb_8	115.39	0.67		34.96	Open
Tb_9	115.39	0.93		62.07	Open
Tb_18	108.46	0.64		31.25	Open
Tb_19	108.46	0.00		0.00	Open
B.Tocha	115.39	0.00		-377.38	Open Pump
B.Fontinha	138.62	0.00		-321.07	Open Pump
B.Lemede	439.07	0.00		-473.64	Open Pump
B.Mira1	54.23	0.00		-107.66	Open Pump
B.Mira2	54.23	0.00		-107.66	Open Pump
V3	115.39	1.02		1.91	Open Valve
V2	138.62	0.54		1.51	Open Valve
V4	439.07	0.62		0.00	Open Valve
V1	108.46	0.61		2.88	Open Valve

Page 125 Node Results at 23:00 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.36	377.36	0.00
N15	50.32	88.46	22.46	0.00
N4	0.00	134.58	98.58	0.00
N2	0.00	349.05	321.05	0.00
N10	69.54	97.14	23.14	0.00
N1	0.00	501.62	473.62	0.00
N18	289.92	102.08	6.08	0.00
N3	0.00	135.62	107.62	0.00
N7	76.73	53.46	12.46	0.00
N13	0.00	90.37	10.37	0.00
N14	0.00	88.46	8.46	0.00
N8	0.00	98.66	0.66	0.00
N9	0.00	97.15	-0.85	0.00
N21	0.00	349.04	349.04	0.00
N20	0.00	481.96	481.96	0.00
N17	0.00	102.09	-13.91	0.00
N16	0.00	102.09	-13.91	0.00
N22	0.00	404.93	404.93	0.00
N12	0.00	278.93	223.93	0.00
N5	0.00	56.35	34.35	0.00
N6	0.00	53.47	31.47	0.00
T_1	-801.73	28.00	0.00	0.00 Reservoir
R_Tocha	65.10	88.46	2.46	0.00 Tank
R_Fontinha	69.10	97.15	3.15	0.00 Tank
R_Lemede	149.18	102.09	2.09	0.00 Tank
R_Mira	31.84	53.47	2.47	0.00 Tank

Node Results at 23:30 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
N11	0.00	405.40	377.40	0.00
N15	97.20	88.72	22.72	0.00
N4	0.00	134.66	98.66	0.00
N2	0.00	349.09	321.09	0.00
N10	140.56	97.34	23.34	0.00
N1	0.00	501.65	473.65	0.00
N18	345.07	102.21	6.21	0.00
N3	0.00	135.70	107.70	0.00
N7	70.79	53.85	12.85	0.00

N13	0.00	90.65	10.65	0.00	Tb_18	108.23	0.64	31.12	Open
N14	0.00	88.74	8.74	0.00	Tb_19	108.23	0.00	0.00	Open
N8	0.00	98.89	0.89	0.00	B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N9	0.00	97.38	-0.62	0.00	B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N21	0.00	349.09	349.09	0.00	B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
N20	0.00	482.00	482.00	0.00	B.Mira1	54.12	0.00	-107.74	Open Pump
					B.Mira2	54.12	0.00	-107.74	Open Pump
					V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
					V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
					V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
					V1	108.23	0.61	2.87	Open Valve

Page 128
Node Results at 23:30 Hrs: (continued)

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality					
N17	0.00	102.23	-13.77	0.00					
N16	0.00	102.23	-13.77	0.00					
N22	0.00	404.96	404.96	0.00					
N12	0.00	279.06	224.06	0.00					
N5	0.00	56.73	34.73	0.00					
N6	0.00	53.86	31.86	0.00					
T_1	-801.37	28.00	0.00	0.00	Reservoir				
R_Tocha	18.18	88.74	2.74	0.00	Tank				
R_Fontinha	-1.96	97.38	3.38	0.00	Tank				
R_Lemede	93.97	102.23	2.23	0.00	Tank				
R_Mira	37.56	53.86	2.86	0.00	Tank				

Node Results at 24:00 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality
Tb_14	345.07	1.00	2.89	Open	N11	0.00	88.71	60.71	0.00
Tb_3	70.79	0.63	2.36	Open	N15	57.40	88.70	22.70	0.00
Tb_10	115.37	0.00	0.00	Open	N4	0.00	54.53	18.53	0.00
Tb_11	97.20	0.86	3.80	Open	N2	0.00	97.25	69.25	0.00
Tb_7	140.56	1.24	7.82	Open	N10	69.95	97.24	23.24	0.00
Tb_6	138.60	0.00	0.00	Open	N1	0.00	102.19	74.19	0.00
Tb_20	108.36	1.00	5.52	Open	N18	151.00	102.19	6.19	0.00
Tb_5	138.60	0.56	26.17	Open	N3	0.00	54.53	26.53	0.00
Tb_1	138.60	0.54	1.41	Open	N7	0.01	54.53	13.53	0.00
Tb_16	439.04	0.62	19652.46	Open	N13	0.00	88.71	8.71	0.00
Tb_13	439.04	0.00	0.00	Open	N14	0.00	88.71	8.71	0.00
Tb_12	439.04	0.68	46.89	Open	N8	0.00	97.25	-0.75	0.00
Tb_17	115.37	0.65	436.22	Open	N9	0.00	97.25	-0.75	0.00
Tb_8	115.37	0.67	34.95	Open	N21	0.00	97.25	97.25	0.00
Tb_9	115.37	0.93	62.05	Open	N20	0.00	102.19	102.19	0.00
Tb_18	108.36	0.64	31.19	Open	N17	0.00	102.19	-13.81	0.00
Tb_19	108.36	0.00	0.00	Open	N16	0.00	102.19	-13.81	0.00
B.Tocha	115.37	0.00	-377.40	Open Pump	N22	0.00	88.71	88.71	0.00
B.Fontinha	138.60	0.00	-321.09	Open Pump	N12	0.00	88.71	33.71	0.00
B.Lemede	439.04	0.00	-473.65	Open Pump	N5	0.00	54.53	32.53	0.00
B.Mira1	54.18	0.00	-107.70	Open Pump	N6	0.00	54.53	32.53	0.00
B.Mira2	54.18	0.00	-107.70	Open Pump	T_1	0.00	28.00	0.00	0.00
V3	115.37	1.02	1.91	Open Valve	R_Tocha	-57.40	88.71	2.71	0.00
V2	138.60	0.54	1.51	Open Valve	R_Fontinha	-69.95	97.25	3.25	0.00
V4	439.04	0.62	0.00	Open Valve	R_Lemede	-151.00	102.19	2.19	0.00
V1	108.36	0.61	2.87	Open Valve	R_Mira	-0.01	54.53	3.53	0.00

Page 129
Node Results at 23:45 Hrs:

Node ID	Demand CMH	Head m	Pressure m	Quality					
N11	0.00	88.79	60.79	0.00					
N15	30.69	88.79	22.79	0.00					
N4	0.00	134.70	98.70	0.00					
N2	0.00	97.37	69.37	0.00					
N10	75.51	97.36	23.36	0.00					
N1	0.00	102.26	74.26	0.00					
N18	180.70	102.26	6.26	0.00					
N3	0.00	135.74	107.74	0.00					
N7	37.20	54.09	13.09	0.00					
N13	0.00	88.79	8.79	0.00					
N14	0.00	88.79	8.79	0.00					
N8	0.00	97.37	-0.63	0.00					
N9	0.00	97.37	-0.63	0.00					
N21	0.00	97.37	97.37	0.00					
N20	0.00	102.26	102.26	0.00					
N17	0.00	102.26	-13.74	0.00					
N16	0.00	102.26	-13.74	0.00					
N22	0.00	88.79	88.79	0.00					
N12	0.00	88.79	33.79	0.00					
N5	0.00	56.96	34.96	0.00					
N6	0.00	54.09	32.09	0.00					
T_1	-108.23	28.00	0.00	0.00	Reservoir				
R_Tocha	-30.69	88.79	2.79	0.00	Tank				
R_Fontinha	-75.51	97.37	3.37	0.00	Tank				
R_Lemede	-180.70	102.26	2.26	0.00	Tank				
R_Mira	71.03	54.09	3.09	0.00	Tank				

Link Results at 23:45 Hrs:

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status	Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
Tb_14	180.70	0.52	0.82	Open	Tb_14	151.00	0.44	0.58	Open
Tb_3	37.20	0.33	0.69	Open	Tb_3	0.01	0.00	0.00	Open
Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_10	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_11	30.69	0.27	0.43	Open	Tb_11	57.40	0.51	1.39	Open
Tb_7	75.51	0.67	2.37	Open	Tb_7	69.95	0.62	2.05	Open
Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_6	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_20	108.23	1.00	5.51	Open	Tb_20	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_5	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_1	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_16	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_13	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_12	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_17	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_8	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_9	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_18	0.00	0.00	0.00	Open
Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open	Tb_19	0.00	0.00	0.00	Open
B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Tocha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Fontinha	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Lemede	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mira1	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump	B.Mira2	0.00	0.00	0.00	Closed Pump
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve	V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve

Page 130
Link Results at 23:45 Hrs: (continued)

Link ID	Flow CMH	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Status
V3	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V2	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V4	0.00	0.00	0.00	Open Valve
V1	0.00	0.00	0.00	Open Valve