

DM

**Modelação e Calibração
de um Sistema de Abastecimento de Água**
Sistema adutor de Câmara de Lobos

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Pedro Alexandre Soares da Silva

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

setembro | 2016

**Modelação e Calibração
de um Sistema de Abastecimento de Água**
Sistema adutor de Câmara de Lobos

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Pedro Alexandre Soares da Silva

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTADOR
Sérgio António Neves Lousada



Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Modelação e calibração de um sistema de abastecimento de água

(Sistema adutor de Câmara de Lobos)

Licenciado em Engenharia Civil (Pós-Bolonha)

Dissertação submetida para o grau de Mestre em Engenharia Civil na Universidade
da Madeira

por

PEDRO ALEXANDRE SOARES DA SILVA

Orientador
Prof. Doutor Sérgio António Lousada
(Universidade da Madeira)

Dezembro 2016

Título: Modelação e calibração de um sistema de abastecimento de água (Sistema adutor de Câmara de Lobos)

Palavras-chave: Sistemas de abastecimento e distribuição de água; EPANET; Eficiência de previsão, Análise de cenários hidráulicos; Gestão de sistemas de distribuição.

Keywords: Water supply and distribution system; EPANET; Forecast Efficiency; Analysing hydraulic scenarios; Management of distribution systems.

Autor: PEDRO SOARES SILVA

FCEE - Faculdade de Ciências Exatas e de Engenharia
Campus Universitário da Penteada
9020 - 105 Funchal - Portugal, s/n
Telefone + 351 291 705 230
Correio eletrónico: secretariadocentros@uma.pt

Funchal, Madeira

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado representa o culminar de todos os meus anos de estudo e sacrifício. Com o contributo de determinadas pessoas e entidades, esta tarefa tornou-se muito mais fácil, exequível. Agradeço, formalmente:

aos meus pais, Arlindo Rodrigues da Silva Pedro e Maria Manuela Soares Henriques da Silva, cujo sacrifício e apoio constantes me permitiram ser tudo o que sou e ter tudo o que tenho. Devo-vos tanto... encontro em vós a essência dos meus valores, da minha educação e força;

ao Professor Doutor Sérgio António Neves Lousada, não só como orientador, mas também como amigo. Agradeço a sua disponibilidade, apoio constante e o rigor na transmissão de conhecimentos fundamentais subjacentes à temática e à metodologia de trabalho;

à reitoria da Universidade da Madeira, por disponibilizar um curso devidamente organizado na minha área de eleição e com isso proporcionar a oportunidade de aumentar o meu conhecimento na área de Engenharia Civil, subárea de Hidráulica;

a todos os funcionários da Direção Regional (da Madeira) do Ordenamento do Território e Ambiente, que nos atenderam com enorme profissionalismo. Uma especial ressalva à sua diretora, Susana Sá Fontinha, pela cedência dos ortofotomapas e da topografia do concelho de Câmara de Lobos, indispensáveis à prossecução deste trabalho;

a todos os funcionários da Águas e Resíduos da Madeira que bem nos atenderam, e em especial, à Doutora Ricarda Barbosa pela partilha dos dados referentes às características físicas da rede em estudo. O meu muito obrigado;

aos meus amigos e colegas da UMa pela vossa amizade, apoio e boa disposição, em especial ao Roberto Gonçalves, pela prestável partilha de conhecimentos, no decorrer da componente de edição desta dissertação.

RESUMO

No decorrer das últimas décadas, a temática da insuficiência de água disponível para consumo, tem ganho um papel central no debate social devido à importância natural deste recurso e às previsões de aumentos exponenciais demográficos, que irão introduzir uma pressão cada vez maior sobre o ciclo natural deste recurso finito, sendo então essencial para a manutenção do equilíbrio natural, que a infraestrutura responsável pela sua distribuição, seja concebida, mantida e explorada de uma forma eficiente.

Os sistemas de abastecimento de água são infraestruturas particulares e complexas, caracterizadas por um desenvolvimento espacial muito extenso e por serem compostas por um grande número de componentes físicas, conduzindo a volumes de cálculo manual hidráulico bastante consideráveis, sendo necessário recorrer frequentemente a simplificações do traçado da rede para redução do volume de cálculo, dotando este processo de ineficiência e incerteza, casos indesejáveis quando se analisam infraestruturas de elevada importância social e que implicam custos de investimento e manutenção elevados.

Esta dissertação tem como objetivo principal a modelação e calibração digital deste tipo de infraestruturas, recorrendo a um *software* da especialidade, e a aplicação a um caso de estudo, localizado no concelho de Câmara de Lobos.

Numa primeira fase, procede-se à recolha de toda a informação bibliográfica disponível. Com recurso à informação recolhida realizou-se um enquadramento teórico, do tipo de infraestruturas em estudo, da modelação e calibração digital deste tipo de sistemas, escolheu-se o *software* que se adequasse económica e tecnicamente ao estudo a realizar e caracterizou-se o caso particular da rede em estudo.

Posteriormente seguiu-se a construção digital do modelo baseado na informação recolhida através das entidades concessionárias e através de visitas para a verificação da conformidade dos dados obtidos, e ainda obtenção de dados populacionais para a estimação dos consumos a serem designados.

Após a finalização da construção do modelo seguiu-se a fase essencial de verificação da conformidade regulamentar dos resultados obtidos e de realização dos ajustes necessários para que o enquadramento legislativo fosse conseguido. O próximo passo foi abordar teoricamente como se teria realizado a calibração da simulação digital para que a mesma se aproximasse o mais fidedignamente do sistema físico real.

Por fim, são expostas as conclusões retiradas acerca do impacto económico da adoção deste processo para a conceção, manutenção, reabilitação e gestão de sistemas de abastecimento e distribuição de água, nomeadamente em termos de eficiência e agilização de processos de cálculo e ainda em termos de versatilidades de cenários a simular.

Palavras-Chave:

Sistemas de abastecimento e distribuição de água; Modelação e simulação digital; EPANET; Eficiência; Versatilidade; Conceção/Manutenção/Reabilitação/Gestão.

ABSTRACT

Over the past decades, the concern of insufficient water available for consumption, has gained a central role in the social debate of efficient resource management due to forecasts of a demographic exponential increment, which will induce an increasing pressure on the natural equilibrium of this finite resource, it is therefore essential to maintain the natural balance of the water cycle by making the infrastructure responsible for its distribution and allocation, and all the procedures involved in the conception and exploration of these infrastructures are runned in an efficient and sustainable way.

Water supply systems are unique and complex infrastructures, characterized by a very large longitudinal development and by having a colossal number of physical components, these characteristics lead to a quite considerable volume of hydraulic calculations. Designers frequently use simplifications of the network, often reducing it to its skeleton in order to decrease the amount of calculations needed, increasing the inefficiency and uncertainty of the service scenarios predicted by the calculations. Both cases are undesirable when considering that this infrastructure has a high degree of social importance and involve high investment and maintenance costs. This dissertation is mainly focused on the digital modeling and calibration of these types of infrastructures using a carefully selected software to build a digital model of a portion of the water network of Câmara de Lobos.

Initially, we proceeded to the collection of all available bibliographic information, then, using the information gathered we did a theoretical approach to the type of infrastructure on analysis, to the digital modeling and calibration of such systems, then proceeded to choosing the software that best suited, both economically and technically, to the study being carried out, and then we held a global characterization of the network followed by the particular characterization of the portion of the network being modelled. Next was the construction fase of the digital model based on the information collected and through visits made to the network to verify the compliance of the data collected and also to obtain the data of the population served, fundamental to the estimation of the consumptions to be designated.

Upon completion of the construction of the digital model, the next fase was the verification of the regulatory compliance of the results with the necessary adjustments in case of failure to comply with the legislation. The next step was to theoretically address how the calibration process on the software would have been managed in order in order to approach the results of the model to the actual physical system.

Finally, the conclusions are drawn about the economic impact that the adoption of this process has on the design, maintenance, rehabilitation and management of water supply and distribution systems, particularly in terms of efficiency and agilization of the calculation process and also in terms of versatility of scenarios able to simulate.

Keywords:

Water supply and distribution systems; Digital modeling and simulation; EPANET; Efficiency; Versatility; Design/ Maintenance / Rehabilitation / Management

ÍNDICE DE MATÉRIAS

CAPÍTULO 1.....	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.1. Introdução	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. Sistemas de abastecimento e distribuição de água.....	6
2.1.1. Composição de Sistemas de abastecimento e distribuição de água.....	7
2.1.2. Configurações gerais de redes	12
2.1.2.1. Redes ramificadas.....	12
2.1.2.2. Redes emalhadas ou malhadas	13
2.1.2.3. Redes Mistas.....	13
2.1.2.4. Diferenciação em sub-redes	14
2.1.3. Elementos base.....	14
2.1.4. Capacidade de projeto	15
2.1.4.1. Horizonte de projeto.....	15
2.1.4.2. População de projeto	15
2.1.4.3. Distribuição da População	16
2.1.4.4. Condições hidrológicas do projeto.....	16
2.1.4.5. Consumos e Caudais de projeto	17
2.1.4.5.1. Consumos domésticos.....	17
2.1.4.5.2. Consumos comerciais.....	18
2.1.4.5.3. Consumos industriais.....	18
2.1.4.5.4. Consumos públicos.....	18
2.1.4.5.5. Caudais para perdas e fugas.....	19
2.1.4.5.6. Caudais para o combate a incêndios	19
2.1.4.5.7. Caudais de ponta	20
2.1.5. Procedimentos para o cálculo hidráulico	21
2.1.6. Formulação do modelo matemático de comportamento hidráulico	22
2.2. Modelação de sistemas de abastecimento de água.....	25
2.2.1. Aplicações práticas do modelo	26
2.2.2. Escolha do programa de modelação	26
2.2.3. Características do <i>software</i>	27
2.2.4. Planeamento do desenvolvimento do modelo.....	28
CAPÍTULO 3.....	33
3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA	33
3.1. Empresa concessionária	34
3.2. Caracterização do sistema global	36
3.3. Caracterização do sistema particular.....	40
CAPÍTULO 4.....	47
4. CONSTRUÇÃO, DESENVOLVIMENTO E CALIBRAÇÃO DO MODELO.....	47
4.1. Reunião da informação preliminar	48
4.2. Sistemas de unidades adotado.....	49
4.3. Aspetos a considerar na construção digital do modelo	49
4.4. Criação e preparação do ficheiro de modelação	50
4.5. Criação da geometria da rede a partir de desenhos CAD	51
4.6. Modelação das características físicas da rede.....	57
4.6.1. Modelação da altimetria da rede.....	57
4.6.2. Modelação dos diâmetros e materiais	61

4.7.	Modelação das solicitações ao sistema	64
4.8.	Modelação do ponto de energia hidráulica	72
4.9.	Modelo Base	74
4.10.	Alterações ao Modelo Base.....	79
4.11.	Calibração de modelos	90
CAPÍTULO 5		93
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
5.1.	Conclusões.....	94
BIBLIOGRAFIA		97
ANEXOS		99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Má gestão da água e as suas consequências futuras.....	2
Figura 2 - Metodologia adotada	4
Figura 3 - Esquematização das etapas de um sistema de abastecimento e distribuição de água	6
Figura 4 - Esquematização de um ramal de ligação	8
Figura 5 - Diferentes tipos de válvulas de seccionamento.....	9
Figura 6 - Desenho de uma válvula de descarga ou de purga	10
Figura 7 - Válvula de expulsão de ar (Ventosa)	10
Figura 8 - Válvula redutora de pressão.....	11
Figura 9 - Esquematização de uma rede ramificada com uma posição de alimentação (Reservatório).....	12
Figura 10 - Esquematização de uma rede emalhada com uma posição de alimentação (Reservatório).....	13
Figura 11 - Esquematização de uma rede mista com uma posição de alimentação (Reservatório).....	14
Figura 12 - Esquematização do faseamento recomendado no desenvolvimento de modelos hidráulicos digitais	28
Figura 13 - Logótipo da empresa	34
Figura 14 - Desenvolvimento espacial do Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos (Águas e Resíduos da Madeira, Mapa interativo dos sistemas adutores da ilha da Madeira)	37
Figura 15 - Esquema do desenvolvimento espacial do SFMS (ARM Sistemas, 2016).....	38
Figura 16 - Diferentes zonas de abastecimento de Câmara de Lobos (ARM DM, s.d.)	39
Figura 17 - Delimitação da zona de abastecimento em estudo e localização do sistema em análise.....	40
Figura 18 - Planta da Rede geral de distribuição da Avenida da Nova Cidade.....	41
Figura 19 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de conduta	42
Figura 20 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de conduta II	43
Figura 21 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de material	43
Figura 22 - Designação das diferentes infraestruturas abastecidas pela rede em análise....	45
Figura 23 - Definição da unidade de comprimento.....	50
Figura 24 - Propriedades hidráulicas de caudal definidas no software	51
Figura 25 - Conversão em ficheiro “DXF”	52
Figura 26 - Faseamento seguido no software de conversão DXF2EPA	52
Figura 27 - Primeira fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”	53
Figura 28 - Segunda fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”	53
Figura 29 - Terceira fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”	54
Figura 30 - Quarta fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”	54
Figura 31 - Ficheiro convertido da geometria da rede no EPANET.....	55
Figura 32 - Traçado geométrico convertido da rede geral de distribuição sobreposto a um ortofotomapa da Avenida da Nova Cidade no EPANET	56
Figura 33 - Número de nós e condutas do modelo do sistema em estudo	57
Figura 34 - Ortofotomapa e Topografia da Vila de Câmara de Lobos sobrepostos.....	58
Figura 35 - Ramal de ligação do Bloco I para exemplo do calculo de cotas dos pontos de consumo	59
Figura 36 - Botão de acesso às propriedades dos nós	60
Figura 37 - Janela de edição das propriedades dos nós com a definição da altitude do nó	179
.....	61
Figura 38 - Representação digital dos diâmetros e materiais adotados na rede de distribuição	61
.....	61
Figura 39 - Botão de acesso às propriedades das condutas	63

Figura 40 - Janela de edição das propriedades das condutas com a definição do diâmetro e coeficiente de resistência da conduta “127”	64
Figura 41 - Diferenciação das condutas do Bloco H que alimentam o R/C e pisos superiores	69
Figura 42 - Variação do fator de ponta horário no decorrer de 24 horas	70
Figura 43 - Criação de um padrão de distribuição temporal de consumos	70
Figura 44 - Padrão de distribuição do Fator de Ponta Horário no EPANET	71
Figura 45 - Designação da necessidade de água e do padrão temporal de consumo ao nó 107 do Bloco I	72
Figura 46 - Botão de modelação de Reservatórios.....	72
Figura 47 - Inserção na rede de distribuição do Reservatório no ponto de extremidade de montante	73
Figura 48 - Modelação das propriedades dos reservatórios	74
Figura 49 - Botão na interface para se realizarem análises ao comportamento hidráulico do modelo.....	74
Figura 50 - Intervalos de pressões mínimas e máximas a considerar pelo software	75
Figura 51 - Distribuição espacial das pressões à hora de maior consumo (08:00) no modelo base.....	76
Figura 52 - Distribuição espacial das velocidades à hora de maior consumo (08:00) no modelo base.....	77
Figura 53 - Distribuição espacial dos diâmetros das tubagens da rede de distribuição	78
Figura 54 - Variação diária do caudal instantâneo da conduta mais solicitada	80
Figura 55 - Esquema da modelação da válvula de redução de pressão no arruamento em estudo.....	81
Figura 56 - Edição das propriedades da válvula a modelar	81
Figura 57 - Análise de pressões ao modelo base + 1 PRV após a definição da pressão de 34 m.c.a. como pressão de montante do arruamento	82
Figura 58 - Análise de pressões ao modelo base + 1 PRV após a definição da pressão de 36 m.c.a. como pressão de montante do arruamento	83
Figura 59 - Distribuição espacial das pressões à hora de maior consumo (08:00) no modelo alterado com uma PRV definida para a pressão de 35 m.c.a.	84
Figura 60 - Modelação das PRV à entrada para os estabelecimentos comerciais do Bloco G e H.....	86
Figura 61 - Distribuição espacial das velocidades à hora de maior consumo (08:00) no modelo alterado	89
Figura 62 - Excedências horárias à velocidade instantânea máxima da Conduta “128”	90
Figura 63 - Exemplo de um excerto de um ficheiro de calibração.....	91
Figura 64 - Janela de inserção do ficheiro de dados de calibração	92
Figura 65 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	107
Figura 66 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	108
Figura 67 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	109
Figura 68 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	110
Figura 69 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	111
Figura 70 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	112
Figura 71 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	113
Figura 72 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	114
Figura 73 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	115
Figura 74 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	116
Figura 75 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	117
Figura 76 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	118
Figura 77 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto.....	119
Figura 78 - Catalogo de diâmetros e pressões de serviço de tubos em PVC da empresa POLITEJO.....	135

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de um SADA (Sousa, 01, 2001)	7
Tabela 2 - Comparação qualitativa de uma rede ramificada (Sousa, 03, 2001)	12
Tabela 3 - Comparação qualitativa de uma rede emalhada	13
Tabela 4 - Caudais máximos (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014)	20
Tabela 5 - Caudais de projeto utilizados para os diferentes órgãos constituintes.....	21
Tabela 6 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase A do desenvolvimento do modelo	29
Tabela 7 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase B do desenvolvimento do modelo	29
Tabela 8 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase C do desenvolvimento do modelo	30
Tabela 9 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase D do desenvolvimento do modelo	30
Tabela 10 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase E do desenvolvimento do modelo	30
Tabela 11 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase F do desenvolvimento do modelo	31
Tabela 12 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase G do desenvolvimento do modelo	31
Tabela 13 - Volumes fornecidos aos Municípios, população residente e consumos per capita tendo em consideração a água fornecida em alta (ARM RC, 2014).....	34
Tabela 14 - Perdas por ineficiência e consumos de água nos municípios aderentes (ARM RC, 2014).....	35
Tabela 15 - Características do Reservatório do Pico da Torre	41
Tabela 16 - Diferentes materiais constituintes da rede e respetivos comprimentos	44
Tabela 17 - Definição das diferentes características e tipo de uso das infraestruturas solicitantes	46
Tabela 18 - Unidades das grandezas da modelação	49
Tabela 19 - Dados altimétricos da Avenida da Nova Cidade	58
Tabela 20 - Cotas dos nós enterrados por debaixo do Bloco I	60
Tabela 21 - Excerto do catálogo no Anexo 9 de diâmetros e pressões de serviço de tubos em PVC da empresa POLITEJO.....	62
Tabela 22 - Coeficientes de resistência ou de rugosidade	63
Tabela 23 - Capitação mínima regulamentar para os consumos domésticos (RGSPDADAR)	64
Tabela 24 - Consumos em escolas e residências de estudantes (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).....	65
Tabela 25 - Consumos em hospitais, clínicas, consultórios e similares (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).....	65
Tabela 26 - Consumos em hotéis, pensões e hospedarias (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).....	65
Tabela 27 - Consumos em bares, cafés e similares (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007) ..	65
Tabela 28 - Números de tipologias habitacionais no R/C cada bloco de apartamentos e respetiva população máxima.....	66
Tabela 29 - Caracterização de consumos dos pontos de consumo do Bloco I	67
Tabela 30 - Caracterização de consumos dos pontos de consumo da Escola Básica da Fonte da Rocha.....	67
Tabela 31 - Caracterização de consumos dos pontos do Centro de Saúde e Lar de Idosos	68
Tabela 32 - Consumos do R/C do Bloco H destinado ao comércio de bares, cafés e similares	68

Tabela 33 - Consumos dos 4 pisos do Bloco H destinados à habitação	68
Tabela 34 - Dados de modelação do Reservatório nº 5	73
Tabela 35 - Características da válvula a modelar (CLA-VAL, 2016).....	80
Tabela 36 - Pressões mínimas ao nível do solo e pressões verificadas nos nós de entrada para as diferentes infraestruturas para a hora de ponta no Modelo base + 1 PRV (08:00) ..	85
Tabela 37 - Especificações técnicas das novas PRV inseridas no modelo	87
Tabela 38 - Pressões mínimas ao nível do solo e pressões verificadas nos nós de entrada para a hora de ponta (08:00) após a modelação de novas PRV.....	88
Tabela 39 - Vida útil média e horizontes de amortização e de projeto consideradas para obras ligadas à Engenharia Hidráulica (Sousa, 01, 2001).....	101
Tabela 40 - Métodos para a estimativa da população futura de núcleos urbanos (Sousa, 01, 2001)	103
Tabela 41 - Densidades populacionais	105
Tabela 42 - Comparação entre softwares de modelação	121
Tabela 43 - Características dos Reservatórios concelho de Câmara de Lobos	123
Tabela 44 - Cotas altimétricas contínuas da conduta principal do arruamento principal.....	125
Tabela 45 - Cotas altimétricas dos pontos de montante e jusante dos trainéis do arruamento secundário.....	126
Tabela 46 - Cotas altimétricas da conduta secundária do arruamento secundário	126
Tabela 47 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco A	127
Tabela 48 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco B	127
Tabela 49 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco C	128
Tabela 50 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco D	128
Tabela 51 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco E	129
Tabela 52 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco F.....	130
Tabela 53 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco G	130
Tabela 54 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco H	131
Tabela 55 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco I.....	132
Tabela 56 - Cotas Altimétricas das condutas não designadas a nenhuma infraestrutura ...	132
Tabela 57 - Cotas altimétricas das condutas enterradas da Escola Primária	133
Tabela 58 - Cotas altimétricas das tubagens enterradas dos Blocos habitacionais e comerciais C, D, E, F, G, H, destinadas ao combate de incêndios	133
Tabela 59 - Cotas altimétricas das tubagens enterradas destinadas ao combate de incêndios dos Blocos A, B e do Centro de Saúde e Lar de Idosos.....	133
Tabela 60 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO A	137
Tabela 61 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO B	137
Tabela 62 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO C	138
Tabela 63 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO D	138
Tabela 64 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO E	139
Tabela 65 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO F.....	139
Tabela 66 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO I.....	139
Tabela 67 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO G	140
Tabela 68 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO H	141
Tabela 69 - Caracterização do consumo por derivação para a Escola Primária	141
Tabela 70 - Caracterização do consumo por derivação para o Centro de Saúde e Lar de Idosos	142
Tabela 71 - Caracterização do consumo da Cidade de Câmara de Lobos para designação do consumo ao ponto de jusante do arruamento em estudo.....	142
Tabela 72 - Variação do Fator de Ponta horário considerada.....	143
Tabela 73 - Parâmetro pressão verificado em todo o sistema no Modelo Base em análise à hora de ponta (08:00)	145
Tabela 74 - Parâmetro velocidade verificada em todo o sistema no Modelo Base em análise à hora de ponta (08:00)	153

Tabela 75 - Parâmetros pressão verificados em todo o sistema com a modelação de uma válvula redutora de pressão à entrada do arruamento em análise à hora de ponta (08:00)	161
Tabela 76 - Parâmetros pressão verificada nos nós do sistema em análise com a modelação de várias válvulas redutoras de pressão à entrada dos pontos de consumo à hora de ponta (08:00).....	169
Tabela 77 – Parâmetros velocidade verificada nas condutas do sistema em análise com a modelação de várias válvulas redutoras de pressão à entrada dos pontos de consumo e aumento do diâmetro interior da conduta principal para 150.6 mm de consumo à hora de ponta (08:00).....	177
Tabela 78 - Velocidades instantâneas diárias da Conduta 128.....	185

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

D_i	Diâmetro interno
D^i	Conjunto de nós a jusante de i
f_{pd}	Fator de ponta diário
f_{ph}	Fator de ponta horário
f_{pm}	Fator de ponta mensal
h_f	Perda de carga
NT^r	Número de condutas da malha r
Q_i	Caudal ou consumo máximo instantâneo
q_{ij}	Caudal ou consumo de i para j
Q_{ma}	Caudal ou consumo médio anual
Q_{maD}	Caudal ou consumo médio diário
Q_{mai}	Caudal ou consumo médio instantâneo
Q_{maM}	Caudal ou consumo médio mensal
Q_{mddmc}	Caudal ou consumo médio do dia de maior consumo
Q_{mdmmc}	Caudal ou consumo médio do mês de maior consumo
U^i	Conjunto de nós a montante de i
A	Área
C	Capitação
C	Coefficiente de resistência ou de rugosidade da fórmula de Hazen-Williams
f	Coefficiente de resistência ou rugosidade
g	Aceleração da gravidade
γ	Peso específico
H	Cota piezométrica
J	Perda de carga contínua
Ke	Rugosidade absoluta
L	Comprimento
n	Coefficiente de resistência ou de rugosidade da fórmula de Manning
NPL	Número de malhas da rede
P	População consumidora
p	Pressão
Q	Caudal ou consumo
Re	Número de Reynolds
T	Tempo
U	Velocidade
V	Volume de fluido
z	Cota geométrica
ΔH_l	Perda de carga no trecho l
ϵ	Coefficiente de resistência ou de rugosidade da fórmula de Darcy-Weisbach

ABREVIATURAS

ARM	Águas e Resíduos da Madeira
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
CAD	<i>Computer aided design</i>
DL	Decreto Lei
DR	Decreto regulamentar
DROTA	Direção regional de ordenamento do território e ambiente
ETA	Estação de tratamento de água
LNEC	Laboratório nacional de Engenharia Civil
PDF	Portable document file
PEAD	Polietileno de alta densidade
PRV	<i>Pressure release valve</i>
PVC	Policloreto de vinil
R/C	Rés-do-chão
RAM	Região Autónoma da Madeira
RGSPDADAR	Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais
SADA	Sistemas de abastecimento e distribuição de água
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i>
SFMS	Sistema de fins múltiplos dos Socorridos
SIG	Sistemas de informação geográfica

CAPÍTULO 1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. Introdução

No decorrer das últimas décadas as questões relacionadas com a insuficiência de água disponível para consumo têm-se agravado devido a um aumento demográfico exponencial, e que, através de um aumento dos níveis de consumos e da poluição libertada, introduziu alterações ao equilíbrio global do ciclo natural da água.

Os atuais problemas de escassez deste recurso natural (exemplos ver Figura 1), aliado às previsões de um aumento exponencial da procura do mesmo, tornaram a procura pela eficiência e excelência, de todo o processo de conceção e exploração de sistemas de abastecimento de água, num aspeto essencial no que à sustentabilidade económica e natural diz respeito.



Figura 1 - Má gestão da água e as suas consequências futuras

A era dos computadores digitais veio introduzir no mercado um poder de cálculo nunca antes visto na história da humanidade, capaz de tornar a resolução de complexos problemas matemáticos, tais como os envolvidos no cálculo do comportamento hidráulico de redes, numa tarefa mais acessível e eficiente, trazendo para o alcance de utilizadores comerciais a possibilidade de se realizarem modelos matemáticos digitais de simulação, outrora só ao alcance de investigadores, introduzindo no mercado de trabalho ferramentas digitais capazes de aumentarem a eficiência da conceção e exploração destes sistemas e com isso reduzindo custos económicos e naturais.

A modelação digital de sistemas de abastecimento de água é hoje em dia, a forma mais exata e económica de simular o comportamento de um sistema físico real, uma vez que este se serve do enorme poder de cálculo digital existente no mercado, para 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. Este processo seria extremamente complexo e moroso, caso a sua resolução fosse realizada manualmente, conduzindo a um processo de conceção e gestão destes sistemas pouco viável, tanto no consumo de tempo como no consumo de recursos económicos. Utilizando o poder de cálculo dos computadores modernos, podemos criar uma simulação digital, que represente um modelo realista e fidedigno do sistema em estudo e que possibilite ao projetista, realizar uma avaliação dos comportamentos hidráulicos existentes, testar diversas soluções aos problemas encontrados e inclusive avaliar os resultados das mesmas sem a necessidade de se recorrer a experiências realizadas num sistema real. Este modelo digital permite assim, tornar o processo de conceção e gestão de sistemas de abastecimento de água, num exercício muito mais eficiente, e possibilita ainda a previsão e otimização cenários energéticos de exploração, o que, tendo em conta os investimentos avultados necessários para conceber e manter sistemas deste tipo, tornam toda a operação mais economicamente viável.

Espera-se através da realização desta dissertação que se abordem as competências necessárias para a modelação e análise de sistemas de abastecimento de água ao nível do planeamento e projeto de um sistema novo, bem como a nível de diagnóstico de sistemas já existentes com vista a aumentar a sua eficiência. Para isso é expectável que se apresente uma metodologia para a simulação do modelo, de entre várias possíveis, e que a mesma represente o mais aproximadamente possível o sistema físico real abordado.

A presente dissertação tem como finalidade a criação de um destes modelos, aplicando a metodologia escolhida ao caso prático de um sistema de distribuição de água no concelho de Câmara de Lobos, na Região Autónoma da Madeira.

1.2. Objetivos

A presente dissertação será realizada com recurso a um *software* de desenho e análise de redes de abastecimento de água e tem como objetivos principais:

- compreensão do funcionamento de sistemas de abastecimento e distribuição de água;
- planeamento do modelo digital de simulação;
- construção de um modelo digital de simulação;
- análise do comportamento hidráulico do sistema modelado;
- verificação e calibração do modelo;
- exploração do modelo e planeamento da gestão futura.

1.3. Metodologia

Iremos utilizar no decurso deste estudo uma metodologia quantitativa, que é caracterizada pelo emprego da quantificação, no processo de recolha de dados, e no tratamento desses dados através de técnicas estatísticas. É frequentemente aplicada às ciências em estudos descritivos que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, ideal para o estudo hidráulico.

Numa fase inicial procedeu-se a uma pesquisa e recolha de informação bibliográfica a utilizar no decurso deste estudo. Durante esta pesquisa verificou-se quais os *softwares* de modelação com a melhor relação preço-qualidade e quais os parâmetros hidráulicos com maior influência no comportamento de um sistema de distribuição, nomeadamente a pressão e a velocidade nas tubagens.

Com recurso ao *software* de modelação e através de uma recolha, organização e tratamento de dados, realizou-se a construção e o desenvolvimento da representação digital do sistema físico real.

Posteriormente à construção de um modelo digital funcional, realizaram-se as primeiras observações e análises hidráulicas aos resultados devolvidos pelo *software* e realizou-se o enquadramento legislativo deste primeiro modelo.

Seguiu-se uma fase de desenvolvimento do modelo digital onde se procurou obter um funcionamento hidráulico o mais eficiente possível dentro do regulamento em vigor, e realizou-se uma pequena abordagem teórica sobre como poderia ser realizada a calibração deste modelo de modo a que este fosse uma representação o mais realista possível do sistema real.

Na etapa final deste estudo, foram expostas as conclusões devidas e inerentes a esta fase da dissertação. O presente trabalho final de mestrado foi realizado com base no organigrama apresentado na Figura 2.

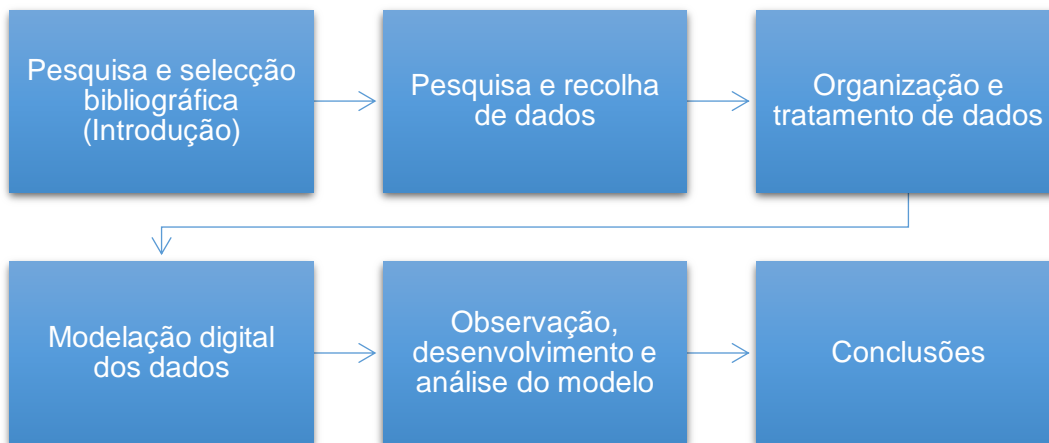


Figura 2 - Metodologia adotada

1.4. Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação obedece a uma divisão em cinco capítulos, dos quais o primeiro é o presente, onde são feitas as considerações iniciais, nomeadamente através de uma introdução ao tema abordado seguido de uma definição dos objetivos a atingir, a metodologia adotada e onde se expõe a estrutura de condução da dissertação.

O segundo capítulo pretende realizar breve um enquadramento teórico sobre sistemas de abastecimento e distribuição de água abordando temáticas como a sua configuração e aspetos gerais de implantação, elementos base a considerar na sua análise e outros critérios considerados relevantes segundo o regulamento em vigor, aborda-se ainda neste capítulo a teoria de modelação de sistemas de abastecimento e as suas aplicações práticas, efetua-se também a comparação e escolha de entre os *softwares* de desenho de redes disponíveis no mercado, e revelamos o faseamento seguido no desenvolvimento do modelo.

O terceiro capítulo pretende realizar a caracterização do sistema em estudo, com o auxílio da empresa concessionária do sistema que nos permitiu realizar uma recolha de dados fundamentais ao desenvolvimento do modelo tais como, o traçado da rede em estudo, as características físicas relevantes de tubagens, bombas, reservatórios e tanques.

O quarto capítulo consiste na construção, desenvolvimento, calibração e análise do modelo. Numa primeira fase iremos descrever detalhadamente a construção do modelo digital baseado na rede composta pelos dados atrás recolhidos e descritos e iremos utilizar os conhecimentos teóricos abordados para realizar uma análise técnica do comportamento hidráulico do sistema modelado bem como realizar o seu enquadramento de acordo com o regulamento legal em vigor.

O último capítulo apresenta as notas finais, as principais considerações finais retiradas no decorrer de todo o trabalho.

Em anexo encontram-se identificados e ordenados outros documentos relevantes elaborados no decorrer deste estudo.

CAPÍTULO 2
ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Sistemas de abastecimento e distribuição de água

Um sistema de abastecimento e distribuição de água (SADA) é a infraestrutura responsável pela extração de água ao meio natural, pela adequação da sua qualidade, pelo seu transporte até aos aglomerados populacionais e pela sua distribuição aos consumidores em níveis qualitativos e quantitativos admissíveis, de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, de 23 de Agosto de 1995 (RGSPPDADAR).

Estes sistemas são caracterizados por serem infraestruturas com um desenvolvimento longitudinal muito extenso, condicionadas pela topografia sobre o qual estão implantados, pela localização das origens de água, pela dispersão espacial e flutuação temporal das solicitações, por serem de execução complexa e demorada, por não serem facilmente ampliáveis e ainda por representarem elevados investimentos de capitais e recursos.

A caracterização peculiar e complexa destas infraestruturas, essenciais ao tecido urbano, aliado ao facto destes sistemas serem responsáveis pela alocação de um recurso finito e fundamental ao desenvolvimento sustentável do planeta, faz com que todo o processo de conceção e planeamento destes sistemas adquira uma importância elevada de modo a permitir uma eficiente distribuição deste recurso finito e vital.

O principal indicador da eficiência de serviço destes sistemas está no controlo e minimização das perdas de água. A diminuição destas permite baixar os custos económicos de produção através, da redução dos consumos energéticos, de uma melhor racionalização da utilização de produtos químicos no tratamento hídrico e ainda permite o aumento da oferta disponível sem que seja necessária a expansão do sistema existente (Olaia, 2012).

O aumento da eficiência destes sistemas tem ainda um grande impacto na gestão das reservas naturais de água do planeta mitigando os impactos sociais e naturais provocados pela insuficiência deste recurso essencial ao desenvolvimento sustentável de todos os ecossistemas terrestres.

Nos dias correntes, é comum as entidades concessionárias dividirem o sistema global, devido à enorme extensão destas infraestruturas, em sistemas em alta e em sistemas em baixa, de acordo com a sua função no sistema global.

Os sistemas em alta são caracterizados por realizarem a união do meio hídrico aos sistemas em baixa e são constituídos pelas componentes situadas a montante da rede de distribuição, os sistemas em baixa realizam a ligação dos sistemas em alta ao consumidor final (Olaia, 2012).

Uma esquematização das etapas e subsistemas de um sistema de abastecimento e distribuição de água encontra-se adiante na Figura 3.

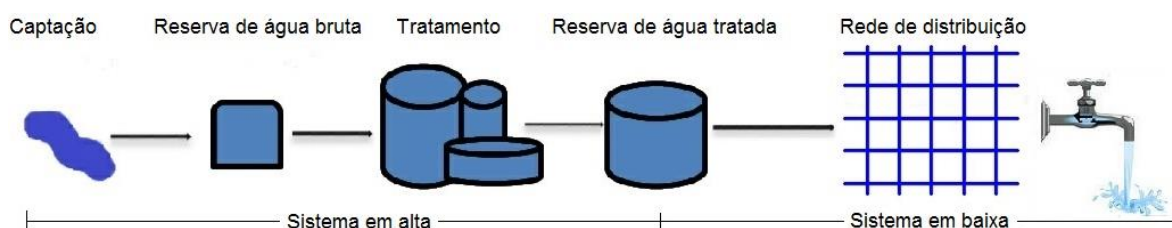


Figura 3 - Esquematização das etapas de um sistema de abastecimento e distribuição de água

2.1.1. Composição de Sistemas de abastecimento e distribuição de água

Um SADA é constituído por diferentes órgãos no decurso do desenvolvimento do mesmo, cada um com uma função distinta, às quais lhes correspondem diversos órgãos materializados sob a forma de construções civis, equipamentos elétricos, eletromecânicos e acessórios (Sousa, 01, 2001).

Na Tabela 1 estão discriminadas as diversas partes que constituem um sistema de abastecimento e distribuição e da sua respetiva função no sistema.

Tabela 1 - Composição de um SADA (Sousa, 01, 2001)

Partes	Órgãos	Função
Captação	Obras de captação	Retirada de água bruta das origens naturais, superficiais ou subterrâneas, em concordância com as disponibilidades hídricas e necessidades de consumo.
Elevação	Estações elevatórias e sobressoras	Bombeamento de água, bruta ou tratada, entre dois pontos com um desnível positivo (de um ponto com cota mais baixa para outro com a cota mais alta).
Transporte ou adução	Adutores, aquedutos e canais	Transportar o recurso desde a sua captação até ao ponto de distribuição. Este pode ser: <ul style="list-style-type: none"> • sob pressão (por gravidade ou bombagem); • em superfície livre (aquedutos e canais).
Tratamento	Estações de tratamento de água (ETA)	Produzir água potável através do tratamento de água bruta, respeitando as normas de qualidade (DL 236/98, de 1 de Agosto - Anexo VI).
Armazenamento	Reservatórios	Funcionar como volante de regularização, compensando as flutuações de consumo em relação à adução; Compor provisões de emergência para combate a incêndios ou para casos de interrupções, voluntárias ou acidentais do sistema a montante; Manter o equilíbrio de pressões na rede de distribuição; Regularizar o funcionamento das bombagens.
Distribuição exterior	Rede geral pública de distribuição	Conjunto de elementos de adução (tubagens) e acessórios como juntas, válvulas, hidrantes e instrumentação (medição de caudal e de pressão), destinado a transportar água para distribuição.
Ligação domiciliária	Ramais de ligação	Garantem o abastecimento predial de água, desde a conduta principal da rede de distribuição do arruamento até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de pressão e caudal.
Distribuição interior	Redes prediais de distribuição	Conjunto de tubagens e elementos acessórios para distribuir água no interior dos prédios.

Após observação da Tabela 1 podemos realizar a correlação entre os subsistemas e os relativos órgãos que os constituem, que seguidamente se apresenta:

- **Sistema em alta** é constituído pelas componentes relativas à produção e adução a montante da rede de distribuição geral, nomeadamente, captação, transporte e tratamento e por vezes, pelos reservatórios de entrega (Alves, 2012);
- **Sistema em baixa** é constituído pelas componentes relativas à distribuição a jusante do sistema em alta, nomeadamente, condutas e respetivas derivações e por vezes pelos reservatórios de entrega (Alves, 2012).

Em relação à distribuição propriamente dita, existem dois tipos de redes de distribuição, a rede geral de distribuição e a rede predial de distribuição.

A primeira é da responsabilidade da entidade concessionária e está implantada na via pública ou em terrenos da entidade distribuidora, é a partir desta que são abastecidas as propriedades consumidoras. A rede geral é ainda responsável pelo abastecimento de consumidores situados em zona de domínio público, nomeadamente bocas de incêndio, marcos de água, bocas de rega, os próprios sistemas de rega de espaços verdes tais como fontanários, bebedouros e outros pontos de utilização de água. Esta rede encontra-se visível na Figura 4 representada pelo número 1.

A segunda rede de distribuição é a responsável pela repartição de água no interior das edificações e é da responsabilidade do proprietário do terreno. Pode ser observado o início desta na Figura 4, através do número 2 (Sousa, 01, 2001) (Sousa, 03, 2001).

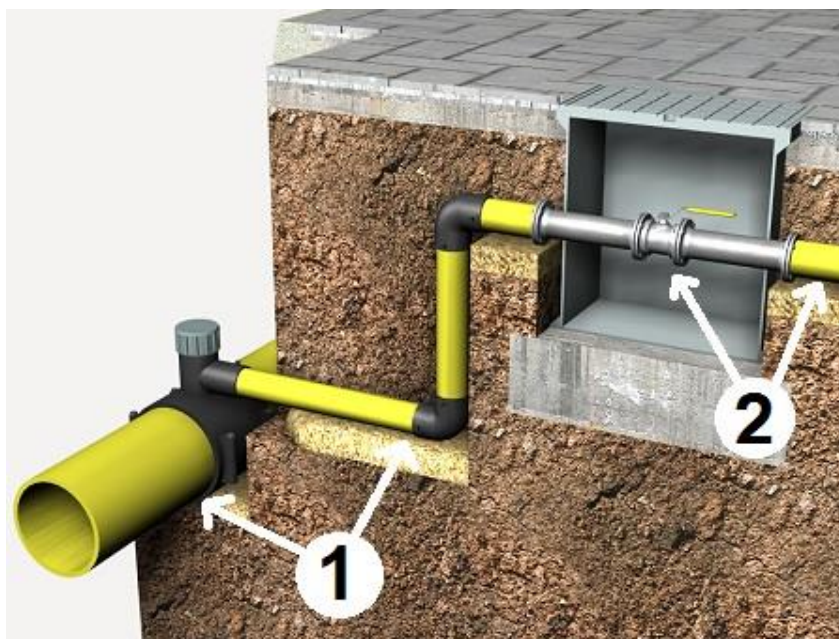


Figura 4 - Esquematização de um ramal de ligação

A rede geral pública de distribuição é constituída, como vimos anteriormente, maioritariamente por tubagens de distribuição, mas também por outros órgãos de manobra e segurança, estes têm a função de controlar e regular as transições do fluido pelas condutas adutoras. Em seguida abordam-se estes respetivos órgãos de manobra e segurança segundo a perspectiva da sua função e da sua localização recomendada no traçado.

i. Válvulas de seccionamento:

Estes órgãos permitem a divisão de uma conduta adutora sob pressão, de modo a que estes possam ser isolados entre si, e assim facultar o esvaziamento de grandes extensões de condutas, minimizando as perdas de água durante as operações de inspeção, limpeza e reparação em caso de avaria.

Estas devem estar localizadas onde se pretenda efetuar seccionamentos, de preferência, em pontos altos do perfil longitudinal uma vez que são os que apresentam pressões mais reduzidas, facilitando a operação de manobra da válvula. Na Figura 5 podemos observar diferentes tipos deste tipo de componente (Sousa, 02, 2001).



Figura 5 - Diferentes tipos de válvulas de seccionamento

Estes elementos de seccionamento são os principais órgãos de manobra numa rede de distribuição de água, uma vez que a sua correta colocação permite baixar o número de consumidores afetados por possíveis operações de manutenção e reparação. Compete ao projetista encontrar uma solução economicamente viável e tecnicamente aceitável. A sua regulação é feita pelo Artigo 40º designado “Válvulas de seccionamento” do DR nº23/95 (Sousa, 02, 2001).

ii. Válvulas de descarga ou de purga:

Este tipo de órgão é utilizado para realizar o esvaziamento das tubagens, por escoamento gravítico, de modo a que se possam realizar operações de reparação, execução de novas ligações, ou limpezas e manutenção.

Normalmente encontram-se em pontos baixos da rede, em zonas isoláveis por válvulas de seccionamento, a sua ilustração encontra-se na Figura 6 e a sua regulação é realizada pelo Artigo 47º designado “Descargas de Fundo” do DR nº23/95 (Sousa, 03, 2001).

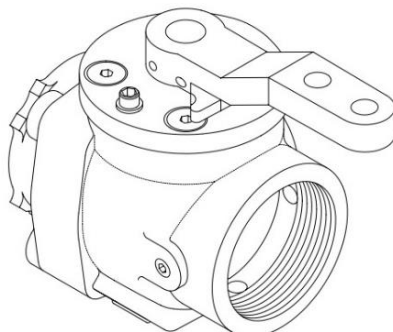


Figura 6 - Desenho de uma válvula de descarga ou de purga

iii. Ventosas:

Estes elementos têm a função de regular volumes de ar presentes no interior das condutas adutoras, desde a expulsão de pequenos volumes acumulados durante o seu funcionamento regular, a grandes volumes de ar acumulados durante uma operação de inspeção ou manutenção, mas também regula a entrada de grandes volumes de ar nas condutas quando se procede à descarga de um troço através da abertura de válvulas de descarga.

A sua instalação é recomendável, salvo em ocasiões especiais, em pontos altos de condutas adutoras ascendentes, e nas condutas com uma extensão superior a 1000 metros sem serviço de percurso. A utilização destes órgãos é limitada a estes pontos, uma vez que se admite que a saída do ar que entra no sistema, devido às razões abordadas no parágrafo anterior, ocorre nos dispositivos de utilização domiciliária ou pública. A sua regulação é realizada pelo Artigo 45º designado “Ventosas” e pelo Artigo 46º designado “Localização e diâmetro das ventosas” do DR nº23/95, é possível observar na Figura 7 uma válvula deste género (Sousa, 02, 2001).



Figura 7 - Válvula de expulsão de ar (Ventosa)

iv. Dispositivos redutores de pressão:

Em adutoras gravíticas por vezes verificam-se situações que impõem que se concretize a instalação de dispositivos destinados a reduzir a cota piezométrica do fluido, esses dispositivos são as válvulas redutoras de pressão, conforme se pode observar na Figura 8 e as câmaras de perda de carga.

As câmaras de perda de carga não são mais do que pequenos reservatórios intermédios em que uma pequena parte da energia hidráulica é dissipada à entrada, sob a forma de uma perda de carga localizada, acabando por impor a definição de uma nova cota piezométrica para jusante, este tipo de órgãos é frequentemente utilizado em escoamentos por gravidade caracterizados por desníveis topográficos excessivos onde a carga estática entre o ponto inicial e final da adutora traduz-se em elevadas pressões e velocidades de escoamento, tornando a manobra de válvulas redutoras uma incógnita (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

As válvulas redutoras de pressão têm como função a manutenção de uma dada pressão a jusante da mesma, quando a pressão a montante excede um determinado valor. A sua regulação é realizada pelo Artigo 43º designado “Válvulas redutoras de pressão” do DR nº23/95 (Sousa, 02, 2001).



Figura 8 - Válvula redutora de pressão

A localização destes elementos é alvo de um estudo aprofundado de conjugação das condições hidráulicas do escoamento às características topográficas do terreno e ao perfil longitudinal da adutora. O ponto escolhido deverá coincidir, ou estar acima, da linha piezométrica entre o ponto inicial e final da adutora, e o perfil longitudinal da mesma a jusante desta câmara de carga deverá estar sempre abaixo da linha piezométrica, caso contrário formam-se pressões negativas (Sousa, 02, 2001).

2.1.2. Configurações gerais de redes

Uma rede de distribuição de água pode ser classificada em relação à sua configuração adotada em planta, esta pode assumir uma configuração ramificada, malhada ou mista, dependendo do posicionamento e interligação dos seus elementos constituintes.

As diferentes formas de interligar e posicionar os elementos constituintes dotam o sistema de diferentes potencialidades a explorar e condicionantes a ter em conta, no dimensionamento de redes de distribuição de água (Sousa, 01, 2001).

2.1.2.1. Redes ramificadas

São redes constituídas por uma conduta principal longitudinal que ramifica para ambos os lados, isto implica que só há um caminho possível entre a origem da água e qualquer ponto na rede e o escoamento é unidirecional, esta configuração pode ser observada na Figura 9.

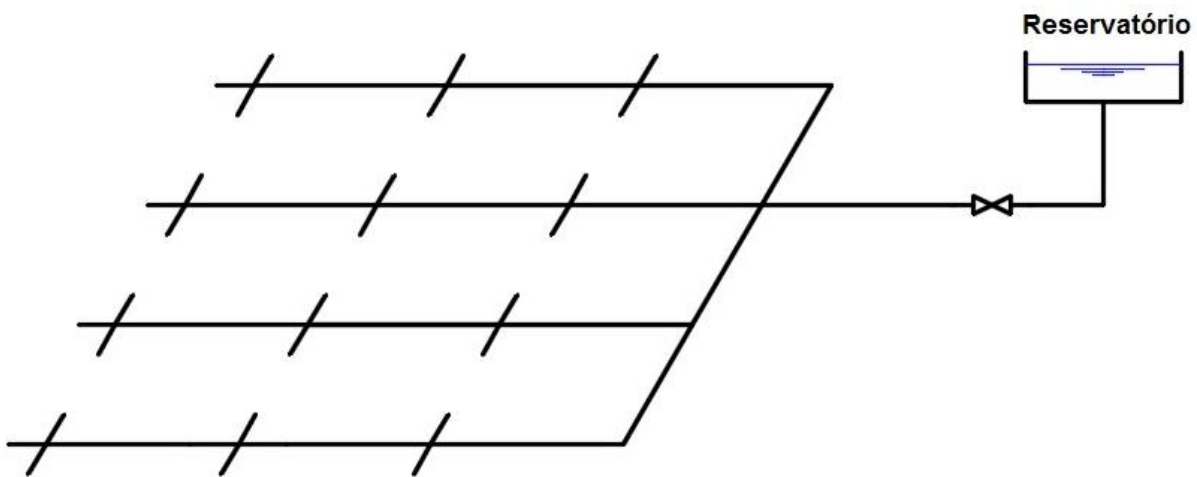


Figura 9 - Esquemática de uma rede ramificada com uma posição de alimentação (Reservatório)

A adoção deste tipo de organização espacial dos elementos constituintes da rede origina as seguintes vantagens e desvantagens patentes na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação qualitativa de uma rede ramificada (Sousa, 03, 2001)

Vantagens	Desvantagens
Precisa de um menor número de elementos; Dimensionamento hidráulico simples; Maior economia no investimento inicial.	Em caso de avaria todo o abastecimento a jusante é interrompido; Aparecimento de pontos com velocidade nula nas extremidades a jusante conduz à deposição de sedimentos e estagnação da água com as preocupações sanitárias inerentes; Quando se verificam flutuações de consumo os efeitos para jusante em termos de pressão, são significativos.

2.1.2.2. Redes emalhadas ou malhadas

São redes onde as condutas se fecham sobre si mesmas formando um circuito fechado (malhas) onde o escoamento é bidirecional, esta configuração está ilustrada na Figura 10.

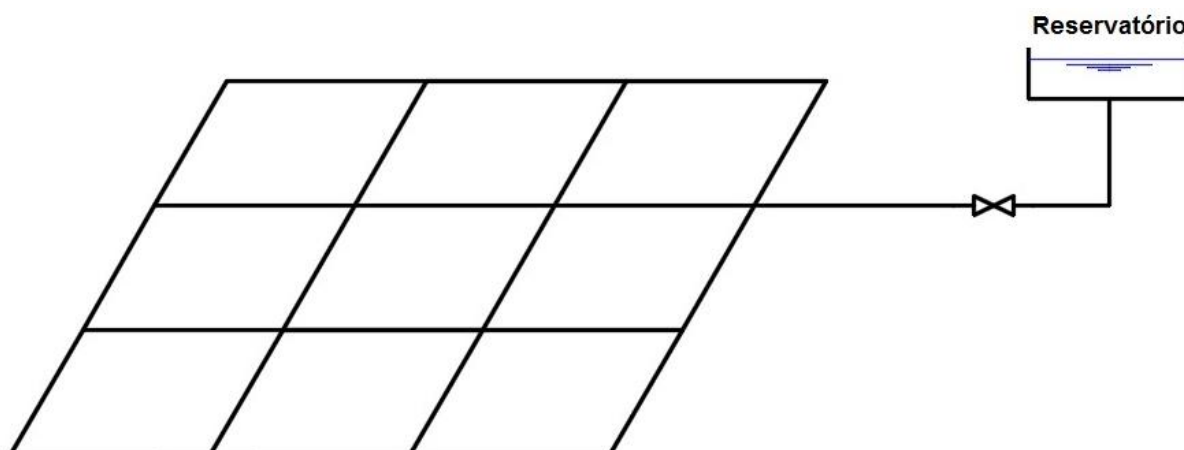


Figura 10 - Esquematização de uma rede emalhada com uma posição de alimentação (Reservatório)

A adoção deste tipo de organização espacial dos elementos constituintes da rede origina as seguintes vantagens e desvantagens patentes na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação qualitativa de uma rede emalhada

Vantagens	Desvantagens
<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 maior número de órgãos e componentes requeridos;</p> <p>O processo de determinação das condições de equilíbrio hidráulico é mais complexo.</p>

2.1.2.3. Redes Mistas

Correspondem à conjugação numa mesma rede de distribuição de uma configuração ramificada e emalhada, resultando numa combinação das vantagens e desvantagens abordadas anteriormente, é frequentemente a disposição mais adotada no projeto deste género de infraestruturas, este tipo de configuração encontra-se ilustrada na Figura 11.

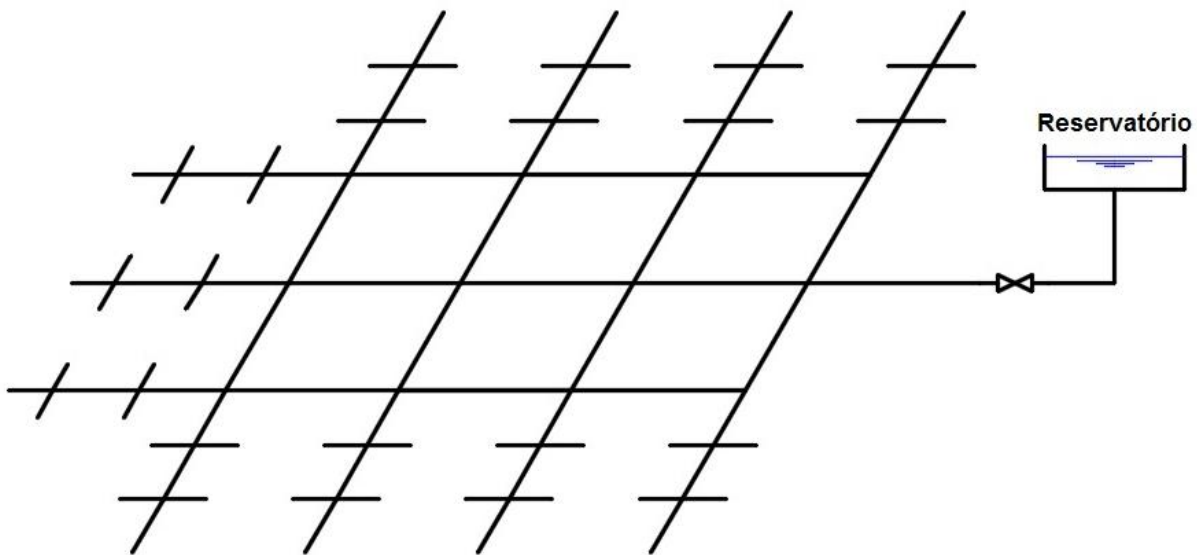


Figura 11 - Esquemática de uma rede mista com uma posição de alimentação (Reservatório)

2.1.2.4. Diferenciação em sub-redes

A repartição de água por um aglomerado populacional pode ser feita através de uma rede geral de distribuição ou através de várias dependendo das características do aglomerado a ser abastecido.

O critério da solução a adotar depende da dimensão do aglomerado e da diferenciação altimétrica verificada na zona a abastecer, que caso se verifique ser excessiva, aconselha-se à diferenciação da rede em diferentes zonas através da instalação de válvulas.

A existência de uma única rede, em casos de uma nítida diferenciação altimétrica num mesmo aglomerado populacional, implicaria a elevação do caudal total máximo a uma altura correspondente à cota mais alta, o que resultaria em gastos excessivos de energia de bombagem e em elevadas pressões nas zonas mais baixas e culminaria na instalação de componentes mais resistentes aumentando o custo total da infraestrutura (Sousa, 03, 2001).

2.1.3. Elementos base

Na conceção e dimensionamento de um SADA a reunião e análise dos elementos de cadastro das infraestruturas é uma das primeiras atividades a realizar, quer para a conceção de novos sistemas, quer para a ampliação ou reabilitação de sistemas existentes, sendo esta uma tarefa essencial para o decurso do projeto (Sousa, 03, 2001).

No projeto de infraestruturas deste tipo é fulcral que se determinem elementos como o período de vida útil do sistema, a evolução populacional estimada, a área a ser abastecida, as suas condições hidrológicas e as necessidades de água do aglomerado populacional, a reunião destes elementos base formam os dados que caracterizam a capacidade do projeto a analisar (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

2.1.4. Capacidade de projeto

A determinação da capacidade de projeto é um processo complexo, fundamental na conceção de novos sistemas de abastecimento, requerendo sensibilidade e experiência na interpretação dos cálculos estatísticos que traduzem as tendências sociais e económicas da área servida pelo projeto, de forma a que se possam fazer juízos de avaliação seguros baseados em experiências passadas, resultando em previsões sensatas das necessidades futuras de projeto (Sousa, 01, 2001).

Para se realizar uma boa avaliação da capacidade de projeto deve-se considerar na sua análise os seguintes elementos (Sousa, 01, 2001):

- horizonte de projeto;
- população de projeto;
- distribuição da população;
- condições hidrológicas do projeto;
- consumos e caudais de projeto.

2.1.4.1. Horizonte de projeto

O aumento da capacidade dos sistemas ao longo do tempo, para fazer face ao crescimento previsível das necessidades, não é técnica nem economicamente viável. Logo torna-se necessário que se projete as obras com capacidade suficiente para fazer face a este aumento da procura ao longo do tempo, tendo em consideração que, quanto maior for esta capacidade, mais complexas e onerosas se tornam (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

A escolha do período de vida útil da infraestrutura deve ser feita segundo um equilíbrio entre o investimento inicial e o maior período de tempo possível, sendo frequente considerar-se para a determinação deste compromisso os seguintes aspetos (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007):

- tempo de vida útil dos diferentes componentes, transcritos no Anexo 1;
- grau de dificuldade de execução de obras de ampliação;
- previsão de possíveis aumentos das necessidades de água;
- período de tempo no início da exploração em que os diferentes órgãos estarão a funcionar abaixo da sua capacidade.

2.1.4.2. População de projeto

A conceção de sistemas deste tipo deve basear-se em dados populacionais característicos do aglomerado a ser servido e a servir no futuro. Compete ao projetista a avaliação do desenvolvimento populacional, salvo em casos excecionais onde o valor desse progresso já seja conhecido através de análises demográficas de planificação regional. Estas estimativas populacionais podem ser realizadas através de diversos métodos, cabendo a escolha do mais adequado ao engenheiro, partindo da sua experiência de análises passadas.

Os métodos mais comuns utilizados no cálculo da evolução populacional são os seguintes (Sousa, 01, 2001):

- **gráficos** - abrangem os métodos que seguem uma progressão, aritmética ou geométrica, métodos de comparação, métodos por observação e extrapolação temporal ou métodos dos mínimos quadrados;
- **taxa de crescimento decrescente** - é um método analítico baseado numa expressão matemática que exprime a redução da taxa de dilatação populacional em função do crescimento do núcleo urbano;
- **curva logística** - traduz através de uma expressão matemática o desenvolvimento unitário da população tendo em conta que o incremento desta depende do tempo;
- **razão e correlação** - Este método faz a correlação entre a taxa de incremento da população de um qualquer aglomerado com a respetiva taxa da região ou país, usando para tal um fator de conversão adequado;
- **parcelar** - baseia-se na análise detalhada da natalidade/mortalidade e da migração;
- **antevisão do emprego** - este método realiza uma estimativa do incremento populacional baseada na variação da disponibilidade de emprego.

É difícil a escolha de um método de entre os anteriormente descritos, como sendo o mais exato e de aplicação universal, sendo essencial nesta fase, a experiência do projetista.

As expressões analíticas utilizadas pelos diferentes métodos para a previsão populacional abordados anteriormente encontram-se no Anexo 2 (Sousa, 01, 2001).

2.1.4.3. Distribuição da População

Os métodos anteriormente descritos são válidos para as determinações futuras das necessidades de água, quando existam registos históricos da evolução da população, o que não se sucede quando se projetam sistemas de distribuição para novos aglomerados populacionais. Nestes casos, para a aferição dos consumos, é realizada a distribuição da população pelo espaço geográfico do aglomerado, atribuindo um determinado número de habitantes a cada unidade de comprimento de tubagem ou área urbanizável (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

A determinação da densidade populacional esperada é realizada em função do tipo de ocupação do solo, podem ser consultadas no Anexo 3 as densidades populacionais frequentemente referidas na literatura da especialidade.

2.1.4.4. Condições hidrológicas do projeto

Esta vertente do projeto é a responsável por estudar e avaliar, na fase de conceção e dimensionamento dos SADA, dois aspetos que condicionam fortemente as características da infraestrutura a projetar, são elas (Sousa, 01, 2001):

- **as disponibilidades hídricas nas origens**, de modo a avaliar a volumetria disponível para um certo período de retorno:
 - para origens superficiais realizam-se análises hidrológicas;
 - para nascentes subterrâneas realizam-se sondagens e testes de produtividade.
- **as necessidades hídricas**, no início da exploração e para o horizonte de projeto:
 - avaliando o contexto demográfico atual e futuro;
 - avaliando os consumos atuais e futuros.

2.1.4.5. Consumos e Caudais de projeto

Para uma conceção e modelação de um SADA adequado, e para que o funcionamento do mesmo se efetue dentro dos níveis previstos, é essencial que se conheçam o mais detalhadamente possível as solicitações de água designadas aos diferentes tipos de consumos, desde o início da exploração até ao horizonte de projeto.

A determinação destas necessidades, tem como bases quantitativas, o número de residentes que compõem o aglomerado a abastecer no horizonte de projeto e o consumo *per capita* verificado na zona geográfica em análise (Sousa, 01, 2001).

O critério mais corrente para a apreciação do consumo *per capita* de um determinado aglomerado, passa por traduzi-lo num consumo médio anual por residente, denominado de capitação, frequentemente expressa nas unidades de “L/hab.dia”, e pode ser calculada realizando a razão entre a volumetria total consumida pelo número de habitantes servidos e pelo número de dias que compõem um ano civil (Sousa, 01, 2001).

No entanto, a capitação apenas fornece um indicador médio e estático das solicitações, não refletindo as flutuações dinâmicas que as mesmas sofrem com o decorrer do tempo, flutuações essas intrinsecamente dependentes de fatores naturais e culturais, como o clima, a qualidade de vida e os hábitos higiénicos das populações entre outros. Para se ter em conta os efeitos dinâmicos dos consumos, para além dos caudais médios, ter-se-á que ter em consideração os caudais de ponta, abordados mais à frente (Sousa, 01, 2001).

A produção de projetos de dimensionamento, análise e avaliação de SADA, com esta modelação digital, deve ter uma base sólida de estudo, materializada pelo conhecimento o mais exato possível das necessidades de água, preferencialmente obtidas através dos arquivos de consumos de serviço da entidade concessionária. Através destes valores de consumos e da dimensão da população solicitadora, é possível avaliar com algum rigor o consumo médio anual, a partir do qual se pode estimar a sua possível evolução com o tempo (Sousa, 01, 2001).

Em casos em que a entidade concessionária não possua dados concretos de consumos recorre-se ao RGSPDADAR, o qual fornece dados de capitação mínimos e guias de avaliação para os diferentes tipos de consumidores sejam eles de ordem doméstica, pública, industrial, comercial, perdas e fugas e ainda para situações de segurança pública como em caso de incêndios. Em casos particulares também se podem consultar manuais da especialidade, desde que editados por investigadores credíveis.

Adiante abordam-se os conceitos teóricos referentes às necessidades de água dos diferentes tipos de consumos, em função do fim a que os mesmos se destinam.

2.1.4.5.1. Consumos domésticos

Para o estabelecimento dos caudais necessários para a satisfação dos consumos domésticos, devem-se avaliar alguns aspectos, nomeadamente, a sua população habitante e flutuante bem como o seu desenvolvimento previsto para o horizonte de projeto, obtidos preferencialmente através dos registos de serviços da entidade exploradora dos sistemas em análise, ou semelhantes (Sousa, 01, 2001).

Quando não seja possível recolher estes dados, ou os mesmos não sejam fidedignos, devem ser utilizados valores de capitação estimados no Artigo 13º - “Consumos domésticos” do DR

23/95, de observação possível no Anexo 4 (ver Figura 67), ou as capitações sugeridas em literaturas da especialidade (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995).

Depois de definidas as capitações a adotar pode-se agora calcular, através da equação 1, o consumo médio anual para satisfação dos consumos domésticos.

$$Q_{ma} = \frac{P \times C}{86\,400} \quad (\text{eq.1})$$

Sendo:

- Q_{ma} - Caudal ou consumo médio anual expresso em L/s;
- P - População consumidora (hab);
- C - Capitação expressa em L/hab.dia.

2.1.4.5.2. Consumos comerciais

Para a fixação dos caudais reservados às necessidades comerciais ou de serviços, existem duas situações diferenciáveis, em relação à dimensão e disseminação da unidade comercial em questão. Caso estas unidades sejam de reduzida dimensão, inferiores a 40.00 m² e estejam dispersas, podem ser englobadas nas necessidades domésticas. Caso estas unidades sejam de grande dimensão e concentradas torna-se necessária a sua inventariação de modo a se atribuírem consumos localizados, para este caso seguem-se as recomendações expostas no Artigo 14º do DR nº 23/95, de observação possível no Anexo 4 (Sousa, 01, 2001) (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995) (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

2.1.4.5.3. Consumos industriais

Para a especificação das necessidades destinadas à satisfação dos consumos industriais, podem-se evidenciar dois casos da mesma natureza que o caso anterior, em função da sua dimensão. Caso estas unidades sejam de reduzida dimensão, inferiores a 40.00 m² e caso estejam dispersas, podem ser englobadas nas necessidades domésticas. Caso estas unidades sejam de grande dimensão e concentradas torna-se necessária a sua inventariação de modo a se atribuírem consumos localizados (Sousa, 01, 2001) (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

Este tipo de consumo é caracterizado por possuir uma grande aleatoriedade no seu padrão de solicitação ao sistema, levando a que os mesmos devam ser estimados caso a caso e somados aos caudais destinados aos consumos domésticos, como estipulado no Artigo 15º do DR nº23/95 - “*Consumos industrias e similares*” de observação possível no Anexo 4 (ver Figura 67) (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014) (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995).

2.1.4.5.4. Consumos públicos

Consideram-se para este tipo de consumos, obras de arte como fontanários e bebedouros e ainda a limpeza de arruamentos e rega de espaços verdes. Geralmente são anexados aos valores globais dos consumos globais, podendo variar entre 5.0 e 20.0 l/habitante/dia.

Não se consideram consumos públicos os de estabelecimentos de saúde, ensino, militares, prisionais, bombeiros ou instalações desportivas, estes devem ser avaliados de acordo com as suas características (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995). O DR nº23/95 aborda este tipo de consumos no seu artigo 16º - “Consumos públicos” de observação possível no Anexo 4 (ver Figura 67).

2.1.4.5.5. Caudais para perdas e fugas

Em sistemas deste tipo, consideram-se como perdas, a volumetria de água que foi captada, mas não faturada ao consumidor final, estas podem ser de natureza física, ou de natureza não física.

As perdas físicas dizem respeito à volumetria de água não faturada e não consumida, normalmente verificam-se na fase de distribuição devido à enorme quantidade de elementos e complexidade da sua configuração espacial, e são desperdícios que têm 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 eliminação de resíduos sólidos e adequação da sua qualidade de consumo (Sousa, 01, 2001).

As perdas de natureza não física têm uma origem diferente, dizem respeito aos recursos não faturados, mas consumidos, causadas por ligações ilegítimas em elementos sem contador, como por exemplo em bocas de rega, em hidrantes e bocas de lavagem pública, contadores com uma operação anormal ou através de lapsos de leitura (Sousa, 01, 2001).

O controlo das perdas, independentemente da sua natureza, tem uma importância vital na sustentabilidade e viabilidade económica do sistema. A sua redução permite minimizar os encargos de produção e aumentar capacidade do sistema sem a sua ampliação tornando-o muito mais eficiente aumentando os rendimentos económicos provenientes da exploração do sistema. Acerca do controlo de perdas, o DR 23/95 é breve e estabelece no seu Artigo 17º - “Fugas e Perdas” de observação possível no Anexo 4 (ver Figura 67), que o valor considerado jamais poderá ser inferior a 10.0 % do volume total a dar entrada no sistema (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995).

2.1.4.5.6. Caudais para o combate a incêndios

A volumetria de água disponível numa determinada área destinada ao combate a incêndios varia em função do grau de risco da sua ocorrência. A avaliação do grau de risco de uma área é realizada caracterizando o tipo de ocupação do solo e a velocidade de propagação do fogo na zona. A definição das zonas de risco é da competência dos serviços de proteção civil em articulação com os Bombeiros (Sousa, 01, 2001) (Decreto Regulamentar nº23/95, 1995).

Apesar de os caudais instantâneos utilizados tomarem valores elevados quando comparados aos outros tipos de consumos, como a probabilidade de ocorrência e a duração dos incêndios assumem valores muito baixos, os volumes de água utilizados acabam por ser insignificantes quando comparados com os demais tipos de utilização, sendo frequentemente desprezados (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

Sendo esta, uma matéria de segurança pública, o DR 23/95 é bastante conciso e explícito, através do Artigo 18º - “Volumes de água para combate a incêndios” e Artigo 55º - “Localização dos hidrantes” reproduzidos no Anexo 4 (ver Figura 67).

2.1.4.5.7. Caudais de ponta

Visto que os consumos são solicitações dinâmicas no tempo, para a determinação destes micro e macro consumos, transformam-se os caudais médios anuais previstos, em caudais máximos, ou caudais de ponta, através da realização do produto dos caudais médios por um fator de ponta.

Os diferentes fatores de ponta são então definidos relacionando os caudais estipulados na Tabela 4 (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014) (Sousa, 01, 2001).

Tabela 4 - Caudais máximos (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014)

Acrónimo	Designação	Unidades
Q_{maM}	Consumo médio mensal	m ³ /mês
Q_{maD}	Consumo médio diário	m ³ /dia
Q_{mai}	Consumo médio instantâneo	L/s
Q_{mdmmc}	Consumo médio do mês de maior consumo	m ³ /mês
Q_{mddmc}	Consumo médio do dia de maior consumo	m ³ /dia
Q_i	Consumo máximo instantâneo	L/s

➤ **Fator de ponta mensal:**

$$f_{pm} = \frac{Q_{mdmmc}}{Q_{maM}} \quad (\text{eq.2})$$

Este fator de ponta (Equação 2) é a relação entre o consumo médio anual do mês de maior consumo, que normalmente costuma ser, julho ou agosto ou setembro, e o consumo médio anual, normalmente é igual a 1,3 (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014).

➤ **Fator de ponta diário:**

$$f_{pd} = \frac{Q_{mddmc}}{Q_{maD}} \quad (\text{eq.3})$$

O fator de ponta diário (Equação 3) manifesta-se através da relação entre o consumo do dia de maior consumo e o consumo médio diário. Em SADA o seu valor normalmente é igual a 1,5 (Lousada, Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos, 2014).

➤ **Fator de ponta horário:**

$$f_{ph} = \frac{Q_i}{Q_{mai}} \quad (\text{eq.4})$$

A avaliação do fator de ponta horário (Equação 4) deve estar baseado, preferencialmente, nos arquivos de consumos da entidade concessionária (Sousa, 01, 2001).

Porém na ausência, ou má qualidade dos registos, o DR 23/95 estipula, no Artigo 19º - “*Fatores de Ponta*”, uma forma alternativa para o seu cálculo, em função da população a abastecer (Equação 5).

$$f_{ph} = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}} \quad (\text{eq.5})$$

Em que:

P - População da zona em análise.

Os caudais de projeto recomendados, mas não obrigatórios, para dimensionamento dos diversos órgãos constituintes do sistema encontram-se na Tabela 5 adiante (Sousa, 01, 2001):

Tabela 5 - Caudais de projeto utilizados para os diferentes órgãos constituintes

Órgãos constituintes	Caudal de projeto
Condutas adutoras de sistemas em alta	Q_{mdmmc} ou Q_{mddmc}
Obras de captação e Estações elevatórias em sistemas de adução	O mesmo adotado para as condutas adutoras
Estações de tratamento de água	O mesmo adotado para as condutas adutoras ou em casos especiais* o Q_i
Adutoras distribuidoras	Q_{mddmc} ou Q_i

*caso a localização da ETA no sistema seja entre o reservatório de armazenagem e a rede de distribuição

Uma vez que o nosso estudo está focado na análise de um sistema de distribuição de água, constituídos na sua grande maioria por adutoras distribuidoras, para efeitos de análise, iremos considerar os caudais médios influenciados pelo fator de ponta horário, como se pode observar na Tabela 5, ao qual se adicionam os caudais reservados para perdas e fugas, mas não se englobam simultaneamente o caudal instantâneo reservado para incêndios uma vez que se admite que ambos os eventos não ocorrem ao mesmo tempo (Sousa, 01, 2001).

2.1.5.Procedimentos para o cálculo hidráulico

Uma vez definido o traçado da rede e determinadas as solicitações máximas para os diferentes tipos de consumos a que o sistema estará sujeito, poder-se-á dar início ao processo de cálculo hidráulico e verificação dos critérios regulamentares estipulados.

Nesta fase introduz-se o conceito de nó de cálculo, que essencialmente, são os pontos da rede onde nos interessa conhecer, as condições de caudal e pressão, para posterior avaliação.

Para este cálculo sugere-se que se adote o procedimento seguinte (Sousa, 01, 2001):

1. Designação dos consumos adotados;
2. Localização e designação aos nós de cálculo dos valores adotados para os diferentes tipos de consumos;
3. Aferição dos comprimentos das tubagens entre nós de cálculo;
4. Seleção inicial dos diâmetros e respetivos materiais adotados;
5. Designar as cotas topográficas do terreno aos nós de cálculo;
6. Definição da localização de outros elementos constituintes como reservatórios de armazenagem e estações elevatórias e as respetivas condições de funcionamento hidráulico;
7. Cálculo das condições de equilíbrio hidráulico (caudais, alturas piezométricas, pressões e velocidades do escoamento);
8. Averiguação da exequibilidade dos critérios estipulados no DR nº23/95, em caso de incumprimento refazer o processo a partir do nº 4 e recalcular as novas condições de equilíbrio;
9. Verificação das condições de funcionamento hidráulico para os dispositivos do tipo hidrante, tais como bocas de incêndio.

As seis primeiras etapas deste procedimento envolvem essencialmente a recolha de informação, junto dos regulamentos em vigor e da entidade concessionária do sistema, para a caracterização das necessidades de água e definição geométrica do traçado da rede.

Após a definição dos parâmetros anteriores, inicia-se o complexo processo de cálculo manual das condições de equilíbrio hidráulico.

O procedimento supramencionado irá devolver os resultados necessários para uma avaliação técnica do comportamento hidráulico do sistema, e o seu respetivo enquadramento legislativo, processo esse que no decorrer deste estudo, será realizado com o auxílio de um *software* digital de modelação.

2.1.6. Formulação do modelo matemático de comportamento hidráulico

A análise do comportamento hidráulico de SADA, é concretizada, avaliando os valores das condições de equilíbrio hidráulico (caudais, alturas piezométricas, velocidades, pressões) devolvidos por um modelo matemático responsável pela tradução do comportamento hidráulico do sistema.

Este modelo é constituído por (Sousa, 01, 2001) (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006):

- i. Um conjunto de variáveis de estado responsáveis pela descrição das condições de equilíbrio hidráulico da rede. Num modelo de redes de água sob pressão utiliza-se habitualmente o caudal (Q), a velocidade (U), a perda de carga nas condutas (h_f), e a pressão (p) ou a cota piezométrica (H) nos nós;

Caudal “Q”

$$Q = \frac{V}{T} \quad (\text{eq.6})$$

Em que:

 V - Volume do fluido que atravessa uma determinada secção (m³ ou Litros); T - Tempo que o fluido demora a atravessar determinada secção (horas ou segundos).**Velocidade “U”**

$$U = \frac{Q}{A} \quad (\text{eq.7})$$

Em que:

 Q - Caudal (m³/s ou L/s); A - Área da secção (m²).**Perda de Carga “h_f”**

$$h_f = \frac{8 \times f \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D_i^5} \quad (\text{eq.8})$$

Em que:

 f - Coeficiente de resistência (adimensional); g - Aceleração da gravidade (m/s²); L - Comprimento (m); Q - Caudal (m³/s ou L/s); D_i - Diâmetro interno (m).**Pressão “p”**

$$p = \rho \times g \times h \quad (\text{eq.9})$$

Em que:

 p - Pressão (kgf/m²); ρ - Densidade do fluido (kg/m³); g - Aceleração da gravidade (m/s²); h - Altura da coluna de água (m).**Cota piezométrica “H”**

$$H = z + \frac{p}{\gamma} \quad (\text{eq.10})$$

Em que:

 H - Cota piezométrica (m); z - Cota geométrica (m); p - Pressão (kgf/m²); γ - Peso específico do fluido (N/m³).

- ii. Um conjunto de equações características não lineares que relacionem as variáveis de estado, para todas as componentes da rede, como por exemplo as equações de *Darcy-Weisbach* (associada à equação implícita de *Colebrook-White*), *Manning-Strickler* ou *Hazen-Williams*;

Formula de Darcy-Weisbach

$$J = \frac{f \times U^2}{D_i \times 2g} \quad (\text{eq.11})$$

Em que:

- f - Coeficiente de resistência (adimensional);
- U - Velocidade do fluido (m/s);
- g - Aceleração da gravidade (m/s²);
- J - Perda de carga contínua (m/m).

Formula de Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}} + \frac{K_e/D_i}{3,7} \right) \quad (\text{eq.12})$$

Em que:

- f - Coeficiente de resistência (adimensional);
- Re - Número de Reynolds (adimensional);
- K_e - Rugosidade absoluta da conduta (mm).

- iii. Um conjunto de equações de rede, que juntam as equações características de todas as componentes numa descrição matemática completa da rede. As equações nodais de equilíbrio de massas exprimem a igualdade da soma dos caudais de entrada e da soma dos caudais de saída em cada nó, para o nó genérico i ;

Equações nodais de equilíbrio de massas

$$\sum_{j=0}^{D^i} q_{ij} - \sum_{k=0}^{U^i} q_{ki} = 0; \forall i \in N \quad (\text{eq.13})$$

Em que:

- q_{ij} - Caudal de i para j ;
- q_{ki} - Caudal de k para i ;
- D^i - Conjunto de nós a jusante de i ;
- U^i - Conjunto de nós a montante de i .

- iv. Outro conjunto de equações de rede, que traduzem o equilíbrio energético em redor de cada malha, estabelecendo que a soma total das perdas de carga nas condutas que compõem uma malha, num mesmo sentido de rotação em torno da malha é zero.

Equações nodais de equilíbrio energético

$$\sum_{i=1}^{NT^r} \Delta H_i = 0; \forall r \in NPL \quad (\text{eq.14})$$

Em que:

- ΔH_i - É a perda de carga no troço i ;
- NT^r - É o número de condutas da malha r ;
- NPL - É o número de malhas na rede.

Os dois conjuntos de equações de rede, compostos pelas equações 13 e 14 apresentadas anteriormente, uma expressa em função da variável de caudal nas condutas, e outra expressa em função da variável de pressão nos nós, são relacionáveis através das equações características apresentadas em ii , sendo esta a base matemática da formulação do problema hidráulico (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

O sistema global de equações resultante, pode ser formulado em função de nós, de malhas, ou simultaneamente por ambos. A solução deste modelo matemático fornece o quadro

completo de caudais nas condutas e pressões nos nós, resultando na solução hidráulica da rede analisada (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

Existem vários métodos para a resolução do sistema de equações do modelo mencionado anteriormente, dos quais se destacam os seguintes (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006):

- **método de Hardy-Cross**, com as equações das malhas (Hardy-Cross, 1936);
- **método de Newton-Raphson** utilizando ambos os conjuntos de equações (Martin e Peters, 1963, Epp e Fowler, 1972);
- **método da Teoria Linear**, utilizando ambos os conjuntos de equações (Wood e Charles, 1972);
- **método da Minimização da Energia** (Collins et al., 1978)
- variações da formulação nodal do Método de Newton-Raphson, tais como o **Método Híbrido** (Carpentier *et al.*, 1985) ou o **Método do Gradiente Modificado** (Todini e Pilati, 1987).

Os métodos utilizados na resolução deste sistema de equações são métodos iterativos resultando em processos de cálculo manuais extremamente onerosos e complexos.

Com o desenvolvimento do poder de cálculo computacional, construíram-se *softwares* que englobam algoritmos matemáticos utilizados na resolução do processo iterativo dos diferentes métodos apresentados anteriormente, este desenvolvimento conduziu a um processo de cálculo das condições de equilíbrio hidráulico extremamente mais eficiente, e abriu um leque de possibilidades aos projetistas deste tipo de infraestruturas, nomeadamente, uma análise cada vez mais detalhada, fidedigna e eficiente, de sistemas de abastecimento e distribuição de água, que vêm a ganhar uma dimensão e complexidade cada vez maior, de modo a acompanharem o desenvolvimento populacional verificado.

A esses *softwares* desenvolvidos, capazes de reunir num único ambiente, o conjunto de dados que traduzem a topologia do sistema, as características dos seus componentes, as bases matemáticas do modelo, e os algoritmos envolvidos na resolução do processo iterativo de determinação das condições de equilíbrio hidráulico, podemos caracterizá-los como *softwares* de modelação e simulação do comportamento de redes de abastecimento e distribuição de água.

2.2. Modelação de sistemas de abastecimento de água

Os modelos de simulação matemática são ferramentas computacionais que permitem analisar e prever, comportamentos hidráulicos e parâmetros de qualidade hídrica, através das características dos componentes do sistema, da sua forma de operação e das suas solicitações.

Estes modelos ao reproduzirem, com uma margem de erro reduzida, o comportamento hidráulico do sistema físico que representam, permitem, a realização de diagnósticos e otimizações mesmo com a reduzida capacidade de monitorização direta do sistema conduzindo a custos de exploração mais reduzidos, mas são também um suporte fundamental ao projetista na previsão de cenários e comportamentos de funcionamento de novos sistemas, que devido aos elevados custos da infraestrutura e à enorme variabilidade das condições operacionais e ambientais, levam a que os problemas tenham que ser antecipados e a que as soluções sejam avaliadas antes que o investimento seja realizado.

O modelo de simulação hidráulica de um sistema de abastecimento de água é composto por (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006):

- um **conjunto de dados** que descrevem as características físicas do sistema, das suas solicitações e das suas condições operacionais;
- um **conjunto de equações matemáticas** (na sua maioria equações não-lineares) que reproduzem o comportamento hidráulico do sistema e respetivas componentes;
- um **conjunto de algoritmos** numéricos necessários para a resolução desse conjunto de equações matemáticas.

Um modelo de qualidade da água acrescenta ao modelo de simulação hidráulica, equações matemáticas que traduzem o transporte, mistura e transformação da concentração de substâncias que se comportem como dissolvidas na água (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

O modelo pode ser totalmente formulado e resolvido sem o recurso a aplicações informáticas uma vez que o desenvolvimento dos métodos numéricos de resolução dos sistemas de equações utilizadas na formulação deste modelo antecedeu o desenvolvimento dos computadores, no entanto o desenvolvimento destes tornou um processo moroso de simulação efetiva dos sistemas sujeitos a uma gama elevada de condições operacionais, num processo sustentável e viável.

2.2.1. Aplicações práticas do modelo

O modelo de simulação é um suporte essencial nas vertentes de planeamento e projeto, operação e gestão, manutenção e reabilitação de SADA, mais concretamente através de (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006):

- dimensionamento de condutas, reservatórios, instalações elevatórias e restantes órgãos;
- elaboração de planos de sustentabilidade no tempo em função das solicitações (consumos);
- simulação de cenários de gestão e operação, antevisão de problemas e falhas técnicas;
- treino de operadores em cenários de operação sem riscos diretos para o sistema e para os consumidores;
- controlo e otimização de parâmetros de qualidade da água;
- reabilitação de sistemas inadequados com programação das intervenções de modo a minimizar o impacto no consumidor;
- otimização de gastos energéticos de bombeamento e controlo de perdas de água através de programas de redução de pressões de serviço.

2.2.2. Escolha do programa de modelação

Os primeiros *softwares* eram programas de simulação estática e surgiram na década de sessenta, sobretudo para fins de investigação, no final dos anos oitenta surgiram os primeiros programas para fins comerciais e já com capacidade para fazerem uma simulação num período de tempo alargado, para previsão de consumos e otimização de custos de operação.

Hoje em dia a indústria oferece uma gama de programas muito variada, mas onde a generalidade apresenta capacidades de cálculo semelhantes referentes aos principais parâmetros hidráulicos, as diferenças situam-se nas capacidades de cálculo complementar,

como por exemplo na verificação de caudais de incêndio ou o auxílio automatizado à calibração e otimização. No caso de ser um modelo destinado à operação e gestão do sistema é crucial termos uma ligação a uma plataforma automatizada de sistemas de informação geográfica (SIG) de modo a permitir que as atualizações deste sejam refletidas no modelo.

Outras características relevantes prendem-se com a intuitividade da interface, o custo de utilização, integração com plataformas de CAD, "SIG" e "SCADA" e a facilidade de interação entre *softwares* de desenho e otimização de redes.

Tendo em conta as características importantes supramencionadas consultou-se o Anexo 5 onde são apresentados e comparados de forma concisa e homogênea os programas mais correntemente utilizados na indústria de desenho e manutenção de redes de abastecimento de água.

Após uma pequena deliberação chegou-se à conclusão de que utilizaremos o EPANET uma vez que é um programa de desenho de sistemas de abastecimento de água bastante completo que permite realizar uma análise hidráulica e de qualidade da água por períodos extensos no tempo e para um número ilimitado de componentes, com a enorme vantagem sobre todos os restantes de ser de distribuição gratuita, no entanto não tem uma integração direta a ficheiros CAD e SIG e não realiza automaticamente a otimização da rede sendo que para tal necessitamos de recorrer a outra ferramenta complementar.

As desvantagens da utilização deste *software* são facilmente contornáveis com a utilização de ferramentas complementares, aliado a isto o facto de ser o único *software* de utilização gratuita com a capacidade de introdução ilimitada de componentes leva a que este seja o programa com o melhor rácio de custo-benefício e a escolha lógica para o desenvolvimento deste estudo.

2.2.3. Características do *software*

O EPANET é um *software* que realiza simulações hidráulicas e de qualidade da água de redes de distribuição de água por períodos extensos no tempo, as capacidades deste programa encontram-se discriminadas adiante.

- **capacidade de modelação hidráulica** (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000):
 - não coloca limite no número de componentes da rede a analisar;
 - considera a perda de carga devido à fricção usando as fórmulas de *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach* ou de *Chezy-Manning*;
 - inclui pequenas perdas de carga devido a curvas, estrangulamentos, etc.;
 - modelação com bombas de velocidade constante ou variável;
 - cálculo da energia de bombagem e respetivos custos;
 - modelação de vários tipos de válvulas incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de caudal;
 - modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas através de curvas de volume em função da altura de água;
 - consideração de múltiplas categorias de exigências nos nós, cada uma com o seu próprio padrão de variação ao longo do tempo;
 - possibilidade de basear as condições de operação do sistema em controlos simples, dependentes de uma só condição, ou em controlos com condições múltiplas;
- **capacidade de análise de qualidade da água** (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000):

- modelação do movimento de um constituinte não-reativo através da rede ao longo do tempo;
- modelação do movimento e do destino de um material reativo à medida que este sofre crescimento (ex. desinfetante) ou decaimento (ex. Cloro) ao longo do tempo;
- modelação da idade da água durante o desenvolvimento da rede;
- verificar a percentagem de caudal de um dado nó que atinge outro nó ao longo do tempo;
- modelação das reações tanto no centro do caudal como na parede da tubagem;
- definição dos limites das concentrações, tanto de crescimento como de decaimento, dos materiais reativos;
- aplicação de coeficientes de taxa de reação globais que podem ser modificados tubagem a tubagem;
- definição da variação temporal da concentração ou da entrada de massa em qualquer ponto da rede.

De modo a ultrapassar o facto de o nosso programa de modelação de redes não possuir uma integração direta a ficheiros CAD, nem a capacidade de realizar automaticamente a otimização do sistema de abastecimento, recorreremos a outras ferramentas complementares digitais, nomeadamente, o “DXF2EPA” para a conversão do desenho CAD com o traçado da rede para um ficheiro de leitura possível pelo EPANET.

2.2.4. Planeamento do desenvolvimento do modelo

O desenvolvimento de modelos de simulação de redes de abastecimento de água terá de ser concebido sob uma estrutura faseada, concisa e sistemática de modo a otimizar a rentabilidade de todos os fatores e recursos envolvidos no processo de obtenção da solução inicial e na manutenção do modelo ao longo da vida útil do sistema.

O faseamento aconselhado para o desenvolvimento de um modelo de simulação está esquematizado na Figura 12 (Pinto T. M., 2010).

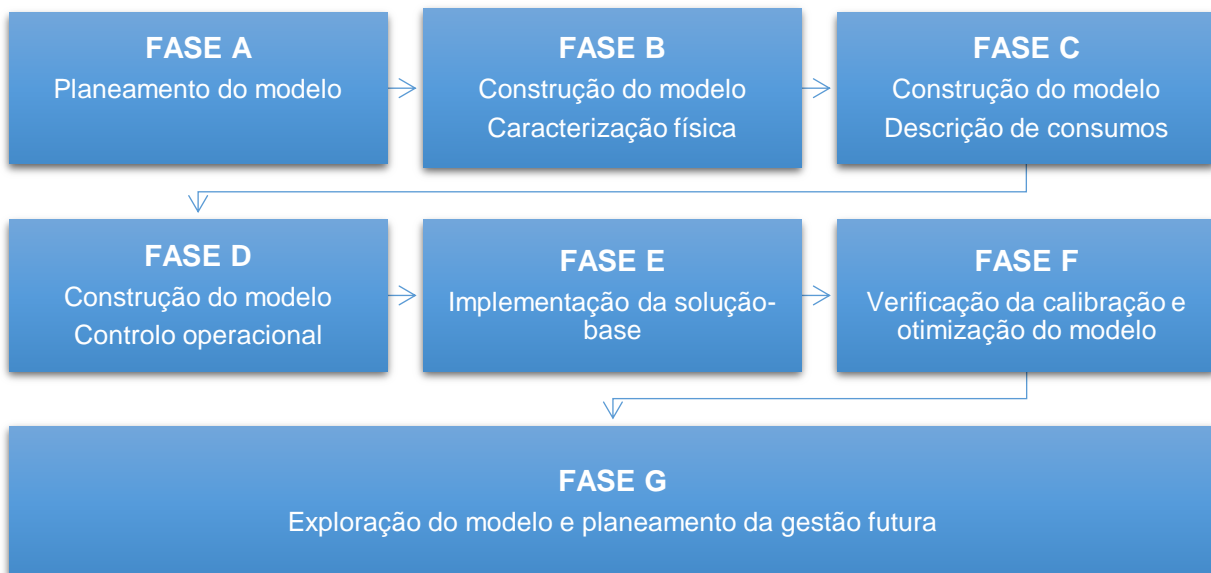


Figura 12 - Esquematização do faseamento recomendado no desenvolvimento de modelos hidráulicos digitais

A metodologia atrás descrita tem como base o desenvolvimento de modelos de apoio à operação, reabilitação e manutenção de sistemas para entidades gestoras.

No caso de modelos para apoio ao projeto e planeamento a Fase F é adaptada para “Verificação dos valores de parâmetros físicos e de consumos” a partir de sistemas contíguos, já existentes e de características semelhantes. Os principais objetivos e resultados esperados em cada fase serão descritos e sintetizados desde a Tabela 6 à Tabela 12 (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

Tabela 6 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase A do desenvolvimento do modelo

Fase A - Planeamento do modelo	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
Definição do sistema a estudar e dos objetivos do modelo; Estabelecimento dos diversos usos preferenciais e prioritários do modelo; Verificação da disponibilidade de dados de cadastro de redes, de faturação e características operacionais; Escolha das convenções a adotar na simulação; Definição das opções básicas de configuração do modelo; Definição da equipa de modelação.	Especificação do sistema em estudo, dos usos preferenciais e prioritários do modelo, do sistema de convenções a utilizar e das opções básicas de configuração do modelo.

Tabela 7 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase B do desenvolvimento do modelo

Fase B - Construção do modelo - Descrição física do sistema	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
Recolha dos elementos necessários para a descrição física do sistema (cadastro de redes, de reservatórios, de instalações elevatórias, de válvulas e outros elementos físicos); Estruturação e organização dos dados físicos a importar para o modelo.	Ficheiro computacional contendo a descrição física completa do sistema (condutas, nós, reservatórios, válvulas, estações elevatórias e outros elementos físicos).

Tabela 8 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase C do desenvolvimento do modelo

Fase C - Construção do modelo - Descrição dos consumos	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
Recolha e formatação de dados de medição de caudais na rede; Identificação dos dados prioritários em falta; Verificação dos padrões de consumo através de uma análise estatística dos dados de caudais; Recolha de elementos relativos à distribuição espacial dos consumos na rede; Estimativa e aferição de consumos nos nós da rede; Processamento dos dados de consumos para carregamento no modelo.	Introdução dos consumos nos nós e dos padrões temporais de consumo no ficheiro de modelação previamente criado.

Tabela 9 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase D do desenvolvimento do modelo

Fase D - Construção do modelo - Controlo operacional	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
Aferição das regras de operação de sistemas, nomeadamente, níveis de operação de reservatórios, regulações de válvulas e bombas e modos de operação da telegestão caso exista; Processamento dos dados para carregamento no modelo.	Introdução no ficheiro de simulação computacional dos elementos descritivos das regras operacionais de controlo.

Tabela 10 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase E do desenvolvimento do modelo

Fase E - Implementação da solução-base	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
Compilação dos ficheiros completos correspondentes aos cenários modelados e estabelecimento das respetivas soluções base não otimizadas de modelo; Identificação e eliminação de erros detetáveis e afinação de opções de modelação; Exploração das capacidades de simulação oferecidas e ganho de sensibilidade ao modelo.	Versão base plenamente funcional do modelo de acordo com os cenários adotados previamente.

Tabela 11 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase F do desenvolvimento do modelo

Fase F - Calibração e otimização do modelo	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
<p>Identificação das necessidades de otimização; Realização de medições de caudais e de pressão; Calibração iterativa do modelo por comparação com os dados obtidos em visitas.</p>	<p>Versão calibrada, otimizada e plenamente funcional do modelo.</p>

Tabela 12 - Principais objetivos e resultados expectáveis da Fase G do desenvolvimento do modelo

Fase G - Exploração do modelo e planeamento da gestão futura	
Principais objetivos	Resultados expectáveis
<p>Reavaliação dos objetivos prioritários adotados na Fase A, nomeadamente os usos prioritários do modelo e as opções básicas de configuração; Avaliação do comportamento hidráulico do sistema, da qualidade da água e das opções técnicas tomadas; Aferição dos consumos energéticos e a respetiva viabilidade económica do sistema.</p>	<p>Parâmetros de comportamentos hidráulicos, de qualidade da água e estimativa de consumos energéticos obtidos a partir de uma versão calibrada e otimizada de acordo com os cenários e utilizações finais adotadas.</p>

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

3.1. Empresa concessionária

A sociedade responsável pela gestão e exploração do sistema de abastecimento e distribuição de águas do concelho de Câmara de Lobos é a Águas e Resíduos da Madeira, S.A. (ARM) sociedade composta exclusivamente por capitais públicos (ARM RC, 2014).



Figura 13 - Logótipo da empresa

A ARM resultou da fusão de várias sociedades (Investimentos, Gestão e Serviços; Investimentos e Gestão da Água; Valor Ambiente - Gestão e Administração de Resíduos da Madeira; Investimentos e Gestão Hidroagrícola) num único modelo multimunicipal e centralizado de modo a que fosse implementado um método de gestão mais flexível e eficiente sendo este um passo importante no sentido de uma política regional de gestão unificada dos recursos hídricos (ARM RC, 2014).

As suas atividades são desenvolvidas no sector das águas em alta (componentes relativas à captação, tratamento e adução incluindo elevação e armazenamento) em toda a Região, e em baixa (componentes relativas às redes de distribuição de água, ramais de ligação e eventualmente armazenamento a montante da rede) abrangendo a distribuição de água para consumo urbano, comercial e industrial nos municípios aderentes ao sistema concessionado (Câmara de Lobos, Ribeira Brava, Machico, Porto Santo e Santana) e ainda a clientes industriais fora dos municípios aderentes, mas que não possuem capacidade de proceder ao seu fornecimento (ARM RC, 2014).

Considerando apenas os municípios aderentes ao sistema concessionado, a empresa serve uma população de cerca de 81400 habitantes distribuídos por cinco municípios, totalizando um abastecimento em alta de 13968264.000 m³/ano (ARM RC, 2014).

Tabela 13 - Volumes fornecidos aos Municípios, população residente e consumos *per capita* tendo em consideração a água fornecida em alta (ARM RC, 2014)

Município	Fornecimento de água em alta (m ³ /ano)	População residente	Consumo <i>per capita</i> tendo em consideração a água fornecida em alta (l/hab.dia)
Câmara de Lobos	4648909.000	34798.0	366.0
Ribeira Brava	1475655.000	12889.0	313.7
Machico	6623904.000	21147.0	858.2
Santana	407153.000	7272.0	153.4
Porto Santo	812643.000	5299.0	420.2

Na Tabela 13 estão apresentados os volumes de água em alta fornecidos aos municípios aderentes, bem como as capitações em cada um deles, tendo em consideração a água fornecida em alta por esta empresa (ARM RC, 2014).

Tendo em conta que o consumo *per capita* nacional de água potável em 2009 era de 61.100 m³/hab.ano (PORDATA, 2016) o que se traduz em 167.4 litro diários por habitante, podemos verificar desde já nesta fase precoce, a extrema importância de uma aposta na melhoria das redes de distribuição na generalidade dos municípios, dados os elevados consumos *per capita* registados nesta fase da distribuição e abastecimento aos municípios (ARM RC, 2014).

Posteriormente à verificação dos elevados consumos *per capita* verificados na transição do regime em alta para o regime em baixa, é importante termos uma ideia da eficiência do sistema de distribuição calculando a percentagem de volume de água perdida para podermos enquadrar o sistema quanto à sua eficiência de distribuição. Para esse efeito foi consultado o Relatório de Contas da ARM onde se verificou esse parâmetro de extrema importância.

Durante o ano de 2014 foram aduzidos aos sistemas de abastecimento dos municípios aderentes cerca de 13968264.000 m³ de água, tendo estes sistemas ainda contado com 1868035.000 m³ provenientes de nascentes existentes nos próprios municípios perfazendo um total de 15836299.000 m³ de água fornecida aos sistemas de distribuição municipais (ARM RC, 2014).

Do volume total aduzido aos sistemas de abastecimento foram faturados 4578445.000 m³ nos pontos de consumo, o que representa uma perda global na ordem dos 71.0 %, entre perdas técnicas e consumos não faturados, percentagem extremamente elevada para viabilizar qualquer tentativa de equilíbrio financeiro e económico das concessões com base, unicamente, no tarifário cobrado (ARM RC, 2014).

As perdas por ineficiência registadas nos municípios aderentes indicam que há uma necessidade imperativa de se proceder rapidamente a melhoramentos na rede de distribuição de água potável de forma a minimizar, tanto quanto possível, as referidas perdas, tornando o sistema mais eficiente, economicamente viável e sustentável (ARM RC, 2014).

Tabela 14 - Perdas por ineficiência e consumos de água nos municípios aderentes (ARM RC, 2014)

Municípios	Água aduzida aos sistemas de abastecimento (m ³ /ano)	Água proveniente de nascentes (m ³ /ano)	Quantidade de água faturada (m ³ /ano)	Perdas por ineficiência (%)	Média mensal de consumo de água (m ³)	Consumo <i>per capita</i> (l/hab.dia)
Câmara de Lobos	4648909.000	251305.000	1548520.000	68.0	129043.000	121.9
Ribeira Brava	1475655.000	240676.000	718923.000	58.0	59910.000	152.8
Machico	6623904.000	157952.000	1210684.000	82.0	100890.000	156.9
Santana	407153.000	1218102.000	501944.000	69.0	41829.000	189.1
Porto Santo	812643.000	0.000	598374.000	26.0	49865.000	309.4
TOTAL	13968264.000	1868035.000	4578445.000	71.0	381537.000	Média: 154.1

Podemos concluir após análise da Tabela 14 que os consumos de água *per capita* madeirense, calculado tendo como base a água faturada nos pontos de consumo, é semelhante ao verificado em território nacional de 167.4 l/hab.dia, sendo os elevados consumos verificados na Tabela 13 a constatação de que muita da água captada na ilha é perdida nos sistemas de distribuição antes de chegar aos pontos de consumo; tal facto podemos prever que se irá revelar na análise do modelo digital através de elevadas pressões na rede devido à topografia acidentada e exigente da ilha da Madeira.

3.2. Caracterização do sistema global

Os recursos hídricos consumidos em Câmara de Lobos, à exceção dos reduzidos volumes captados no concelho que apenas perfazem cerca de 5.0 % dos consumos, provêm todos do Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos (SFMS). Este tem origem no concelho de São Vicente na costa norte da ilha, zona onde os recursos hídricos são mais abundantes.

Este sistema desenvolve-se ao longo de quatro municípios (São Vicente; Ribeira Brava, Câmara de Lobos e Funchal), e é a maior obra hidráulica da Região Autónoma da Madeira (RAM) com a capacidade mista de abastecimento público, de regadio e de aproveitamento hidroelétrico, sendo responsável por uma produção média de 30.0 % do total da energia hidroelétrica da RAM, na Central Hidroelétrica dos Socorridos (ARM Sistemas, 2016).

Na sua essência, o SFMS, consiste num conjunto de túneis e canais a céu aberto através da cordilheira montanhosa central da ilha, com o propósito de transferir para sul as águas superficiais excedentárias captadas na costa norte acima da cota de 600.0 m.

O SFMS é constituído por (ARM Sistemas, 2016) (Águas e Resíduos da Madeira, Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos):

- **oito captações** - uma galeria, seis furos e uma captação superficial;
- **duas estações de tratamento de água;**
- **três estações de cloragem;**
- **seis estações elevatórias;**
- **dezassete reservatórios de armazenamento** em Câmara de Lobos;

Este sistema tem origem, na Câmara de Carga do Covão, localizada na vertente norte do concelho de Câmara de Lobos, à cota de 539.0 m, dando início a dois importantes sistemas adutores de água para abastecimento público, o Sistema Adutor dos Socorridos - Santa Quitéria destinado ao reforço das aduções ao Funchal, e o Sistema Adutor dos Socorridos - Covão, afeto ao reforço do abastecimento público do município de Câmara de Lobos (ARM Sistemas, 2016).

O sistema particular em análise nesta dissertação encontra-se situado na zona sul do concelho e são-lhe aduzidas águas provenientes da Câmara de Carga do Covão através do Sistema Adutor dos Socorridos-Covão, este sistema será posteriormente caracterizado.

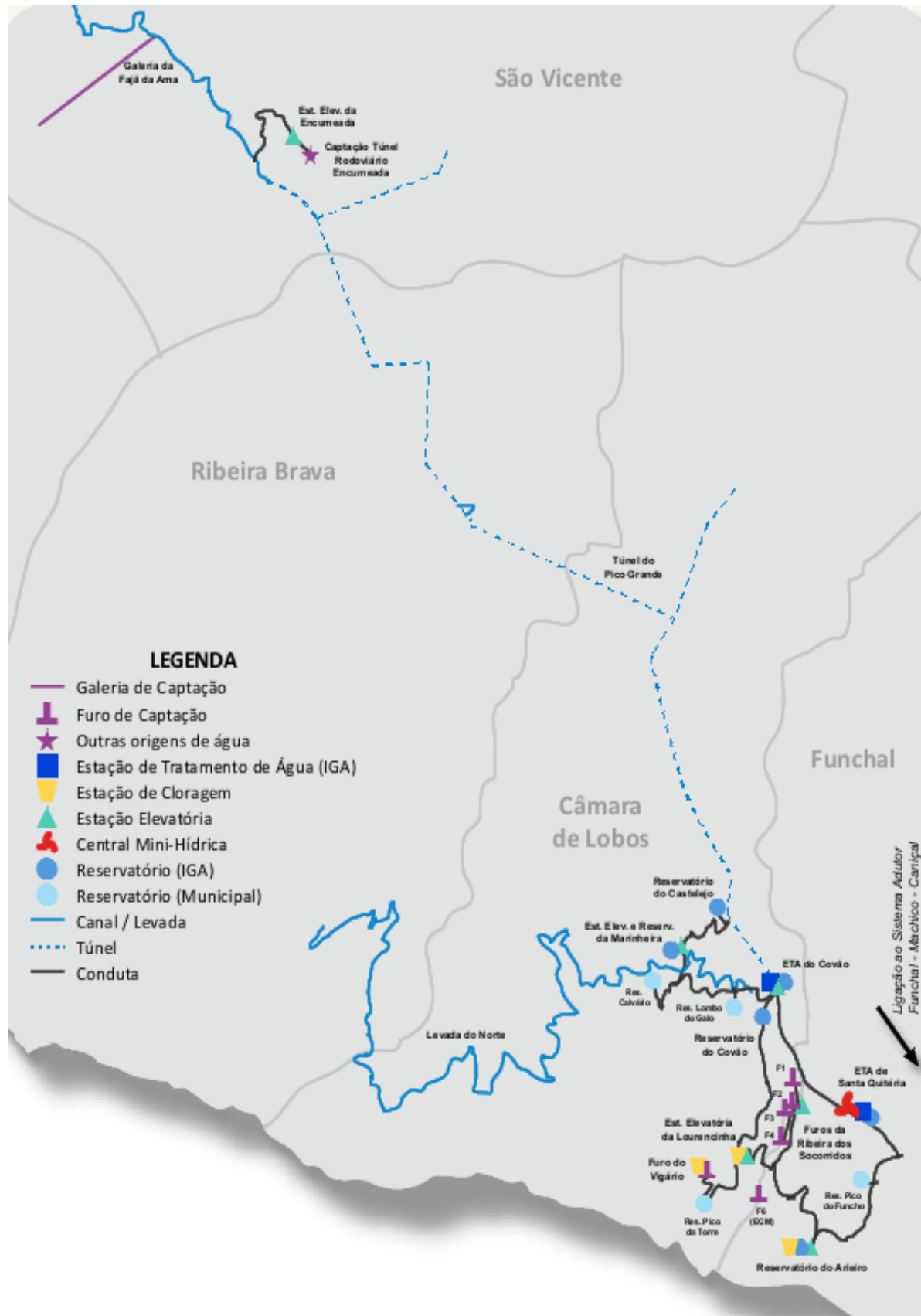


Figura 14 - Desenvolvimento espacial do Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos (Águas e Resíduos da Madeira, Mapa interativo dos sistemas adutores da ilha da Madeira)

Na Figura 14 é possível observar-se o desenvolvimento espacial do SFMS, com o seu início no concelho de São Vicente, desenvolve-se nas vertentes nortes do concelho da Ribeira Brava, e através de túnel do Pico Grande converge com as águas captadas no Curral das Freiras, já no concelho de Câmara de Lobos são encaminhadas até à câmara de carga do Covão, ponto onde se iniciam dois sistemas adutores que abastecem todo o concelho.

Podemos observar na Figura 15 a esquematização da divisão em subsistemas, na Câmara de Carga do Covão, do SFMS.

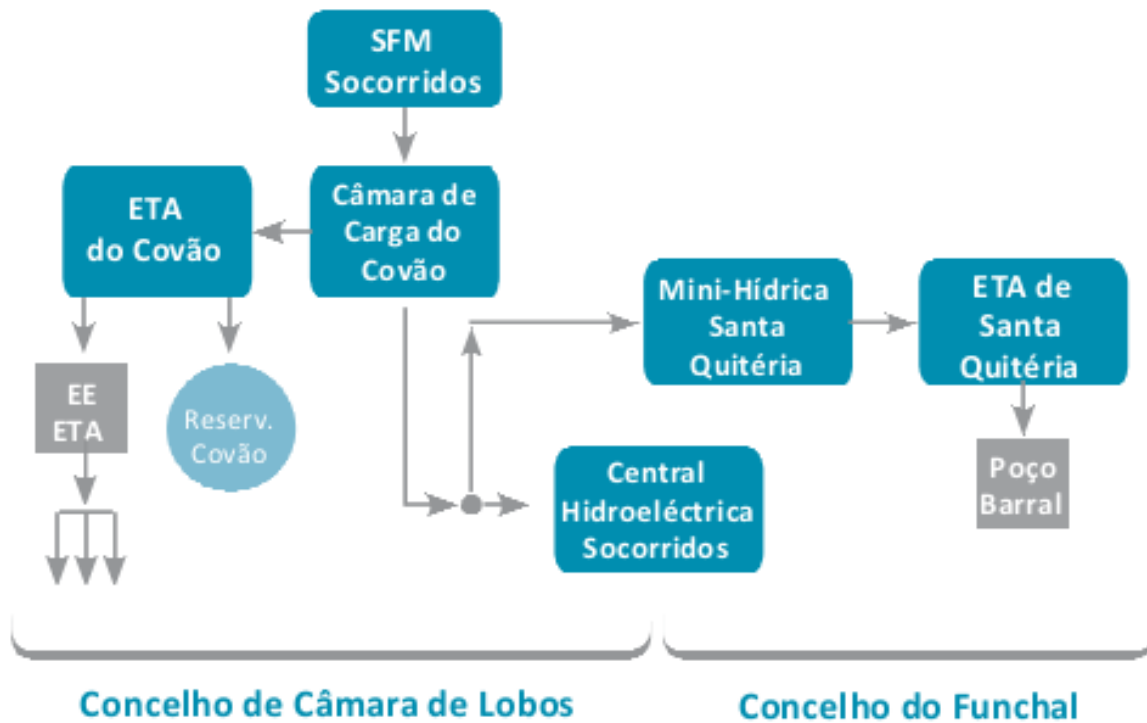


Figura 15 - Esquema do desenvolvimento espacial do SFMS (ARM Sistemas, 2016)

O sistema adutor em análise é composto por dois subsistemas responsáveis pelo abastecimento de zonas diferentes do município e com métodos de funcionamento mecânico muito distintos.

Ambos têm origem no reservatório com a capacidade útil de 500.000 m³ da Estação de Tratamento de Águas do Covão, infraestrutura contígua à camara de carga do Covão, e com capacidade de tratamento e processamento de caudais superficiais variáveis entre os 50.0 e os 200.0 L/s (Instituto de Gestão de Águas, 2016) (Investimentos e Gestão da Água, Principais infra-estruturas hidráulicas do Sistema Regional de gestão e abastecimento de Água da RAM - Estação de tratamento de Água do Covão - Reservatório da ETA do Covão - Sistema Elevatório do Covão).

O primeiro subsistema é denominado de Covão-Calvário e está representado na Figura 16 através da cor azul, este abastece por elevação eletromecânica as zonas altas do concelho, como o Estreito de Câmara de Lobos e o Jardim da Serra, mas também as zonas centrais e ocidentais de Câmara de Lobos. Este subsistema realiza o abastecimento através da Estação Elevatória da Estação de Tratamento de Águas do Covão, constituída por três grupos eletrobomba dimensionados para o caudal de 140.0 L/s e a uma altura manométrica de 80.0 m, a respetiva conduta elevatória coloca caudais nos reservatórios municipais do Pico do Galo e do Calvário (Instituto de Gestão de Águas, 2016).

O segundo subsistema chamado Covão-Lourencinha está representado na Figura 16 através da cor laranja, é um subsistema gravítico e reforça o abastecimento público das zonas baixas e orientais de Câmara de Lobos através dos reservatórios do Covão e do Pico Salões. Este último permite ainda abastecer o concelho do Funchal com recurso às condutas do Sistema Adutor dos Furos dos Socorridos, em caso de necessidade (Instituto de Gestão de Águas, 2016).

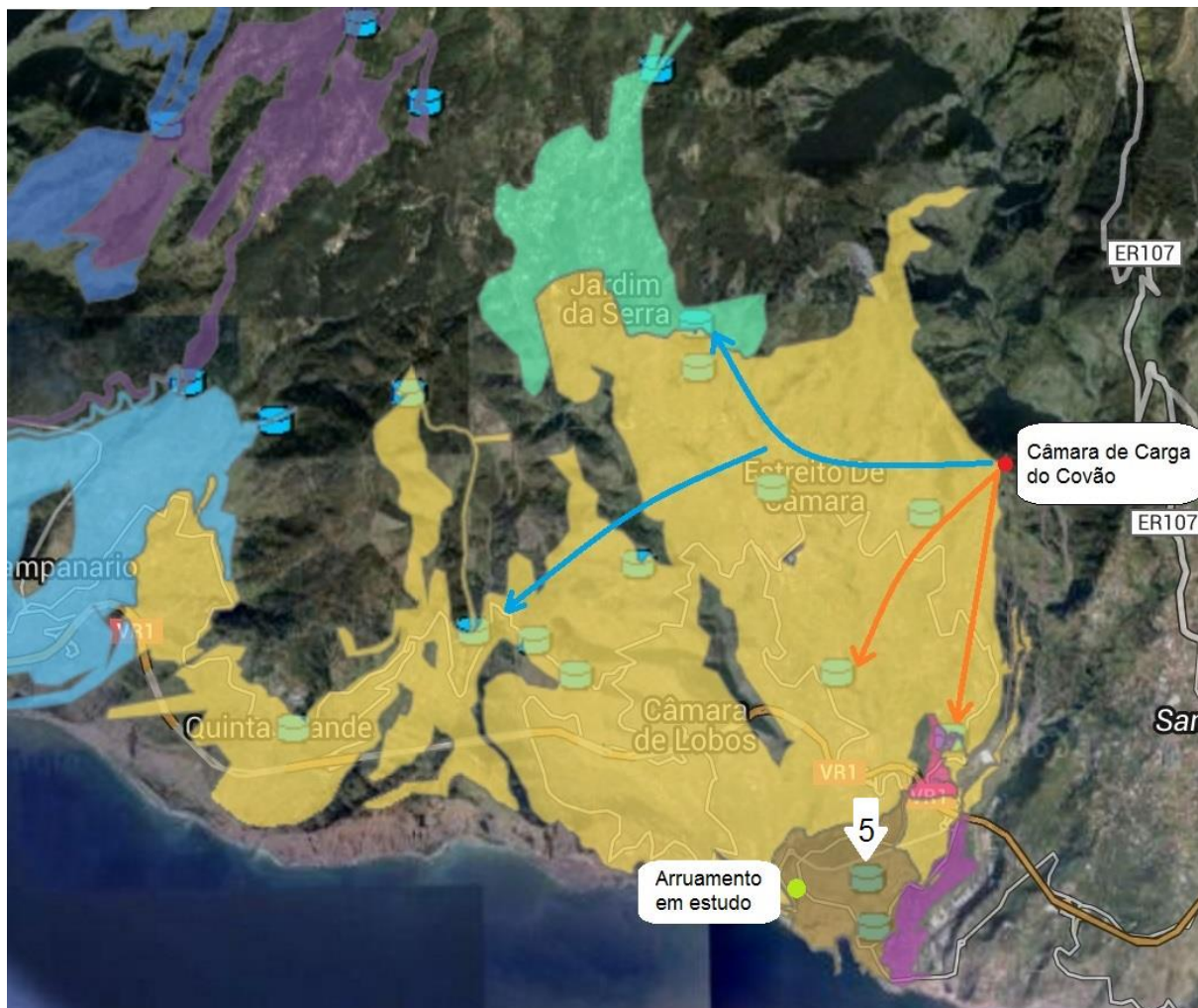


Figura 16 - Diferentes zonas de abastecimento de Câmara de Lobos (ARM DM, s.d.)

Na Figura 16 podemos observar a delimitação das diferentes zonas de abastecimento do concelho de Câmara de Lobos, sendo o critério para sua definição, o da proveniência da água ali consumida, e também podemos verificar o posicionamento geográfico dos reservatórios do concelho, estando as suas características físicas expostas no Anexo 6.

Podemos verificar ainda a localização do ponto da Câmara de Carga do Covão, sítio onde se iniciam os dois sistemas adutores responsáveis pelo abastecimento público de água de todo o município em estudo (ARM DM, 2016).

Encontra-se delimitada e preenchida a castanho, a zona onde se localiza o arruamento a ser modelado no decorrer deste estudo, estando este integrando numa zona densamente povoada, e onde também se situa o núcleo económico do município onde se encontram

empreendimentos importantes de serviços, alojamento e restauração. Esta área é abastecida por água proveniente da Câmara de Carga do Covão, e ainda por água captada nos Furos dos Socorridos, e serve uma população de cerca de 5000.0 pessoas (ARM DM, 2016).

Após termos caracterizado o sistema de abastecimento global do município, e uma vez que a modelação total do município seria um trabalho moroso e repetitivo, utilizamos para o nosso caso de estudo, conforme já referido um arruamento integrado na rede geral municipal, procurando estudar diferentes tipos de solicitações à rede, pois neste referido arruamento existem consumos domésticos, públicos, comerciais e particulares.

3.3. Caracterização do sistema particular

O caso particular que será analisado no decorrer do presente estudo, encontra-se georreferenciado na Figura 16 e o seu ortofotomapa é visível na Figura 17. Este arruamento é abastecido, de forma gravítica, pelo Reservatório de Serviço do Pico da Torre identificado pelo número 5 na Figura 16 e a verde na Figura 17.

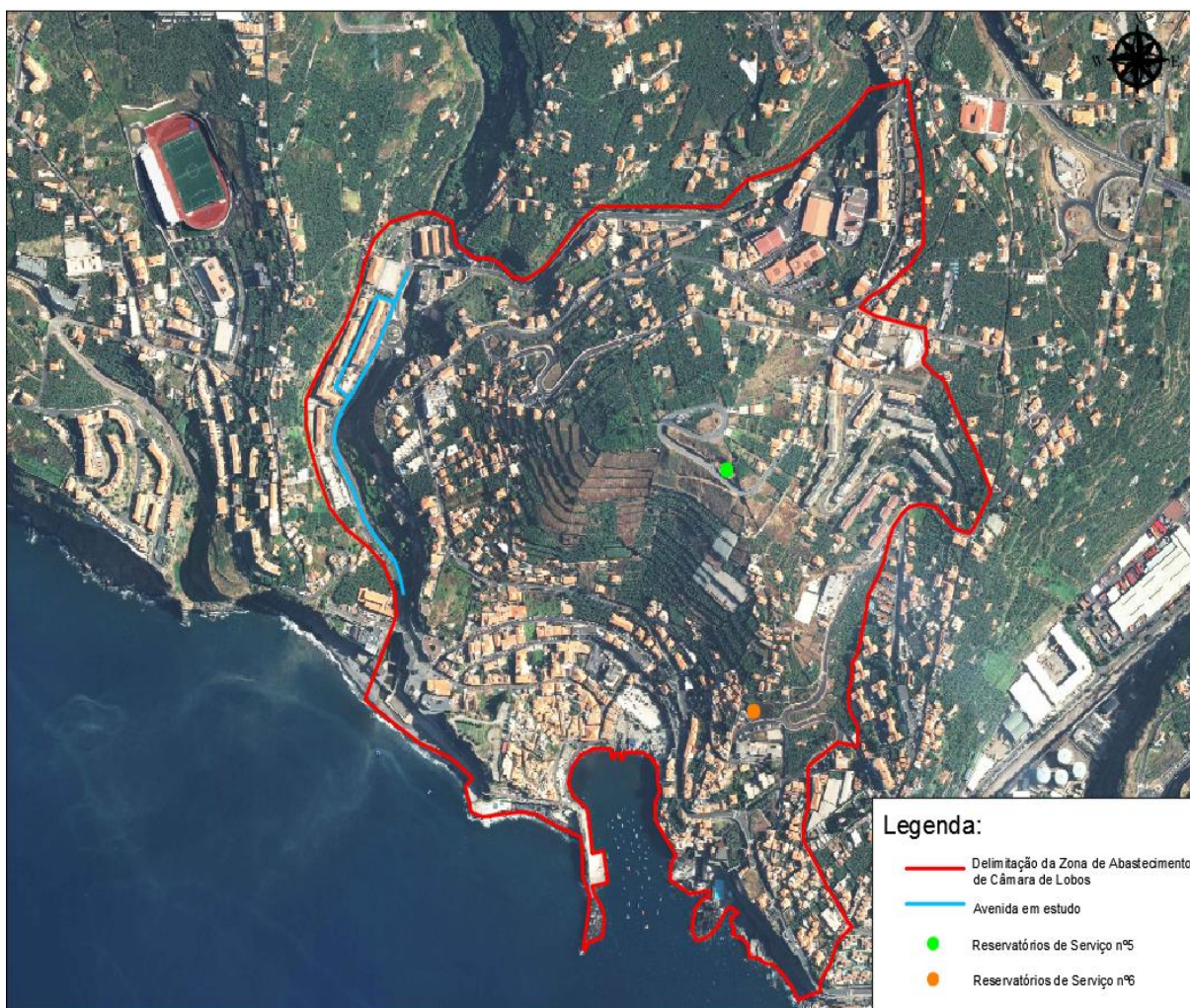


Figura 17 - Delimitação da zona de abastecimento em estudo e localização do sistema em análise

Sendo o sistema em análise abastecido de forma gravítica, para a definição dos pontos de energia do mesmo, apenas necessitamos das cotas altimétricas, as mesmas podem ser consultadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Características do Reservatório do Pico da Torre

Reservatório	Capacidade Total (m ³)	Nº Células	Cotas (m)	
			Base	Topo
Pico da Torre nº5	929.000	2.0	174.60	183.85

Esta zona de distribuição, denominada de Zona de Abastecimento do Reservatório do Pico da Torre, delimitada na Figura 17 a vermelho, possui uma área aproximada de 0,88 km², e é delimitada a oeste pela zona de abastecimento geral de Câmara de Lobos, representada na Figura 16 pela cor amarela, a norte pela Ribeira do Vigário, a este pela Zona de Abastecimento da Ribeira dos Socorridos e a sul pelo Oceano Atlântico.

A distribuição de caudais pela Zona de Abastecimento do Reservatório do Pico da Torre é realizada de forma gravítica uma vez que todos os consumidores nesta área se situam a uma cota altimétrica mais baixa que a do Reservatório em questão.

Procurou-se analisar locais sujeitos a intervenções recentes, uma vez que se supôs que facilitaria a obtenção dos projetos dos empreendimentos, plantas de cadastro de redes gerais de distribuição e dados de consumos, essenciais para a determinação das solicitações e características da rede, respetivamente.

O caso particular escolhido para a realização do nosso estudo, corresponde à Avenida da Nova Cidade, representada na Figura 17 por intermédio de uma linha azul. Esta é uma avenida onde estão implantados empreendimentos habitacionais, comerciais e de serviços, edificados em diversas fases, no século XXI, em conjunto com a construção da via de comunicação em questão.



Figura 18 - Planta da Rede geral de distribuição da Avenida da Nova Cidade

Pode-se observar na Figura 18 a planta da rede geral de distribuição da avenida em estudo, fornecida pela Águas e Resíduos da Madeira e onde se pode identificar a azul as condutas adutoras, a laranja as derivações domiciliárias e os pontos de consumo atuais representados por um ponto azul.

Este sistema em particular apresenta uma configuração ramificada, uma vez que existe uma conduta principal que se desenvolve paralelamente ao trajeto da principal via de comunicação, ao longo da qual se originam condutas secundárias ou intermédias que têm a responsabilidade de fazer a ligação entre a conduta principal e os ramais de ligação dos diversos imóveis que compõem o complexo habitacional, sendo estes os locais onde se localizam os pontos de consumo do sistema.

Realizou-se uma análise ao ficheiro CAD fornecido em conjunto com as plantas, onde podemos elaborar uma ilustração da rede geral de distribuição em função do tipo de conduta, visível na Figura 19 e ainda determinou-se a extensão das mesmas de uma forma muito precisa, onde se constatou que a conduta principal tem uma extensão de 469.4 m, as condutas secundárias totalizam uma extensão total de 922.5 m e as derivações domiciliárias resultam em 272.3 m de desenvolvimento, logo um total aproximado de 1.7 km de tubagens.



Figura 19 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de conduta

É ainda importante distinguir nesta fase, para efeitos da determinação da altimetria das condutas, quais as que se desenvolvem paralelamente às estradas e que irão assumir um valor altimétrico semelhante às cotas da estrada, e quais as que se encontram enterradas por debaixo dos empreendimentos e que são caracterizadas por terem uma inclinação regulamentada pelo RGSPDADAR, a distinção destes tipos de condutas encontra-se realizada na Figura 20.

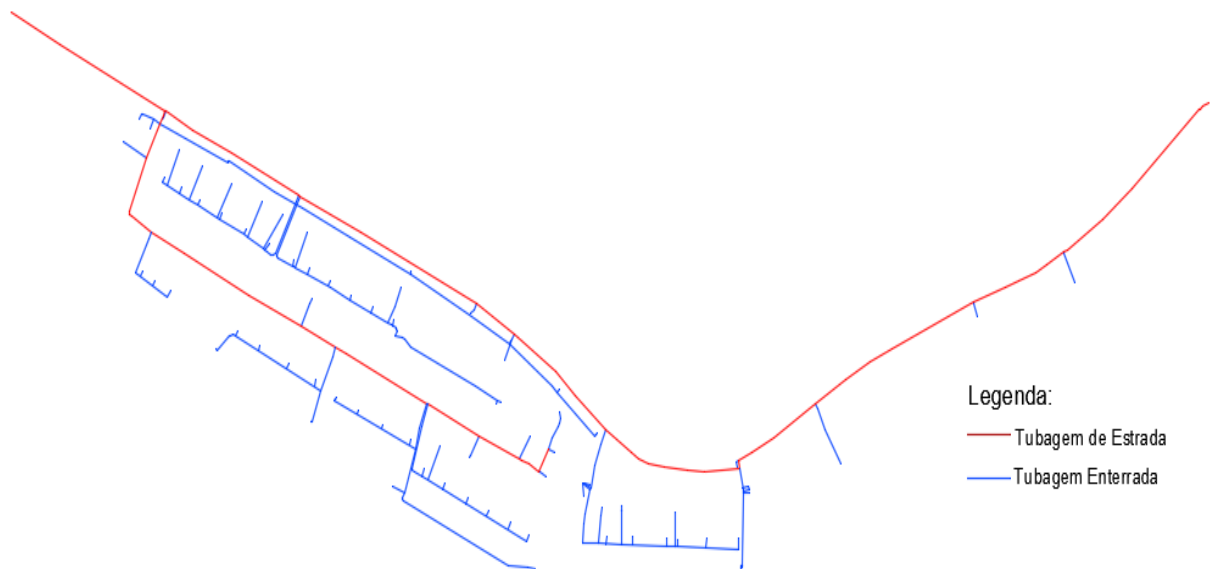


Figura 20 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de conduta II

As plantas forneceram ainda mais informações fisiológicas das tubagens, nomeadamente o tipo de material utilizado e o diâmetro adotado, características fundamentais para a avaliação das condições de equilíbrio hidráulico no sistema.

Realizou-se o mesmo exercício utilizado para ilustrar o tipo de conduta, mas desta vez em função do tipo de material das tubagens, ilustração de observação possível na Figura 21. Posteriormente à reorganização do desenho digital realizou-se novas medições, onde foi possível verificar a existência de uma extensão de 765.4 m composta por Policloreto de vinil (PVC), 631.7 m em Polietileno de alta densidade (PEAD) e a restante perfazendo 267.1 m em Ferro Galvanizado (FG).

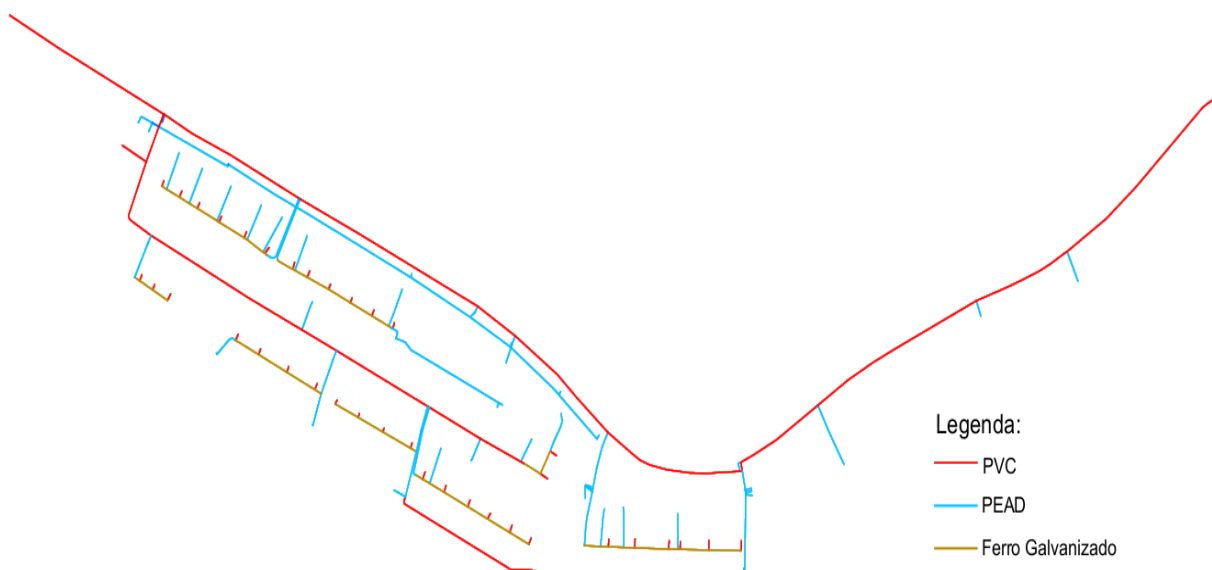

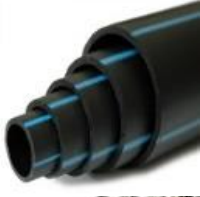



Figura 21 - Planta da rede geral de distribuição em função do tipo de material

Tabela 16 - Diferentes materiais constituintes da rede e respectivos comprimentos

Material		Comprimento (m)	Tipo de Material	Percentagem (%)	Percentagem Total (%)
PVC		765.4	Plástico	46.0	84.0
PEAD		631.7		38.0	
Ferro Galvanizado		267.1	Ferro	16.0	16.0

A maior parte do trajeto da rede é então composto maioritariamente por materiais plásticos (PVC e PEAD), totalizando 84.0 % do percurso como podemos observar na Tabela 16, sendo os restantes 16.0 % compostos por ferro galvanizado.

O tipo de material utilizado nas condutas adutoras influencia o comportamento hidráulico do sistema através do coeficiente de rugosidade ou coeficiente de resistência, que por sua vez influencia a perda de carga contínua da conduta e que varia em função do material que compõe a adutora.

Uma vez que o arruamento em estudo possui várias infraestruturas diferentes, realizou-se uma planta de diferenciação das mesmas de modo a designarmos as diferentes condutas às infraestruturas que as mesmas abastecem, e também por forma a se diferenciar os diferentes tipos de solicitações uma vez que estes dependem das características da infraestrutura particular a ser abastecida, essa planta pode ser observada na Figura 22.

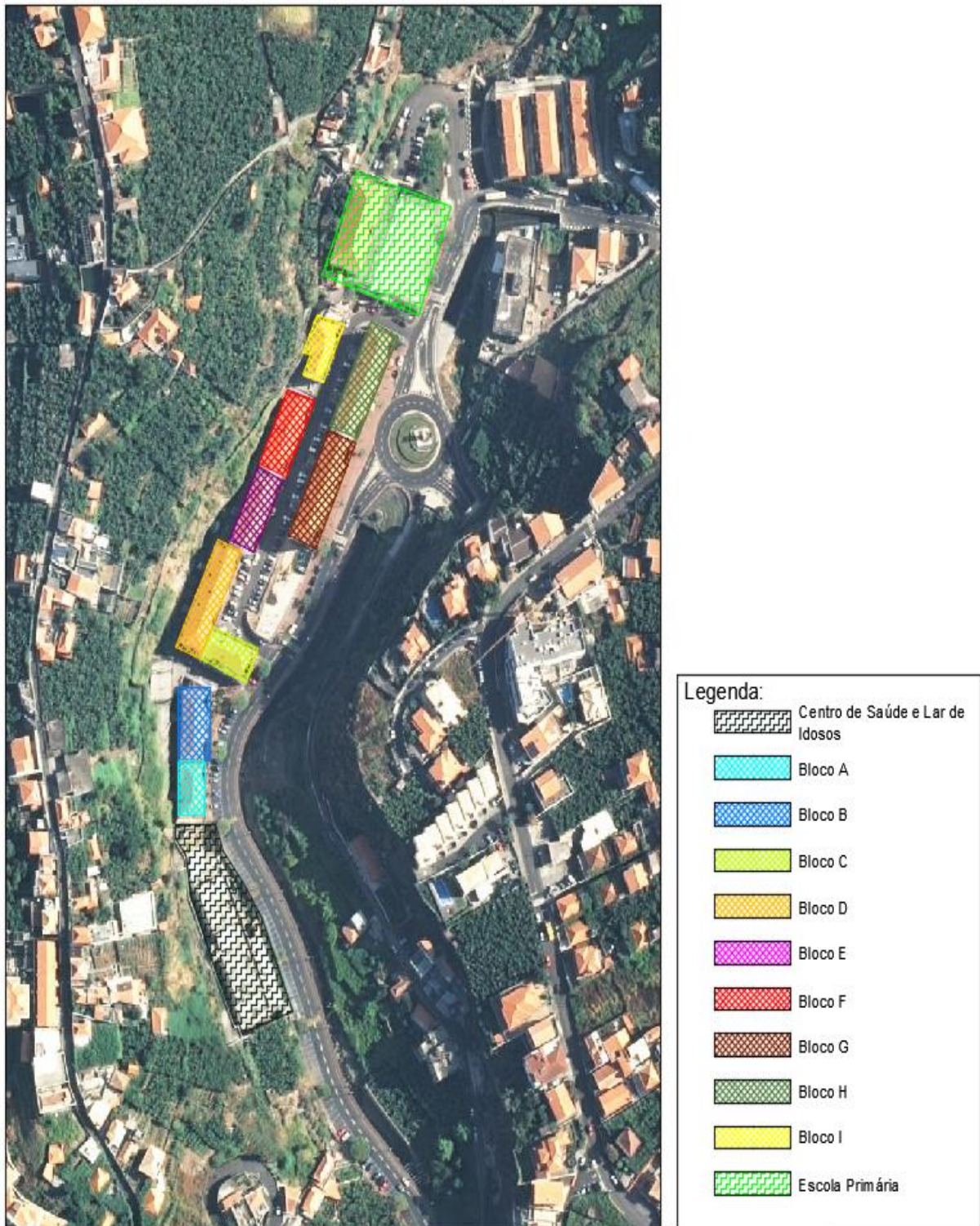


Figura 22 - Designação das diferentes infraestruturas abastecidas pela rede em análise

Realizou-se nesta fase de caracterização, visitas ao arruamento em questão, de modo a se determinarem as características dos diferentes empreendimentos abrangidos pela rede em estudo.

Determinou-se o tipo de uso de cada piso dos prédios, as tipologias de habitação e a sua quantidade para o primeiro piso habitável e assumiu-se que os pisos superiores seriam semelhantes, isto para a determinação da população máxima suportada por cada infraestrutura habitacional.

Para os empreendimentos comerciais e de serviços retirou-se a área de implantação dos empreendimentos através de medições realizadas no *AutoCAD* ao ortofotomapa à escala de 1:1 fornecido pela DROTA, não se retirou as áreas da escola primária, do centro de saúde e lar de idosos uma vez que não serão necessárias para o cálculo de consumos, que para estes empreendimentos serão calculados em função dos alunos e funcionários, para a escola, e em função das camas e consultórios, para o centro de saúde e lar de idosos.

Estes dados, serão auxiliares muito importantes na quantificação das solicitações à rede, e podem ser observados na Tabela 17, à exceção das tipologias de habitação, expostas mais à frente nas caracterizações das solicitações.

Tabela 17 - Definição das diferentes características e tipo de uso das infraestruturas solicitantes

Nome da Infraestrutura	Nº Pisos Total	Pisos	Tipo de Uso	Área implantação (m ²)
Bloco A	5	R/C	Bares, Cafés e similares (Comerciais)	252.37
		4	Habitacional	
Bloco B	5	R/C	Bares, Cafés e similares (Comerciais)	333.55
		4	Habitacional	
Bloco C	5	R/C	Serviços	297.26
		4	Habitacional	
Bloco D	5	R/C	Centro de dia e Serviços municipais (Comerciais)	570.96
		4	Habitacional	
Bloco E	5	R/C	Garagem	418.48
		4	Habitacional	
Bloco F	5	R/C	Garagem	440.01
		4	Habitacional	
Bloco G	5	R/C	Bares, Cafés e similares (Comerciais)	636.36
		4	Habitacional	
Bloco H	5	R/C	Bares, Cafés, similares e Supermercado (Comerciais)	561.58
		4	Habitacional	
Bloco I	5	R/C	Garagem	241.22
		4	Habitacional	
Escola Primária	3	3	Particular	
Centro de Saúde e Lar de Idosos	5	5	Particular	

CAPÍTULO 4

CONSTRUÇÃO, DESENVOLVIMENTO E CALIBRAÇÃO DO MODELO

Os modelos a serem desenvolvidos no âmbito deste estudo têm como objetivo principal, tornarem-se numa representação fidedigna, no que ao comportamento hidráulico do sistema em estudo diz respeito, procurando ainda transmitir a versatilidade deste tipo de *softwares* na análise de vários tipos de opções construtivas, fator preponderante para a eficiência técnica e económica do projeto deste tipo de sistemas.

No decorrer deste estudo iremos analisar um arruamento, denominado de Avenida da Nova Cidade, caracterizada no capítulo anterior desta dissertação.

4.1. Reunião da informação preliminar

A construção de qualquer modelo de simulação passa por uma fase inicial de reunião de informação relevante ao funcionamento do mesmo. No caso de um modelo hidráulico é necessário conhecer-se antecipadamente as seguintes características do sistema (Pinto T. M., 2010) (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006):

- **topologia, geometria, altimetria e características da infraestrutura física** capazes de influenciar o comportamento hidráulico, tais como condutas, materiais, válvulas, reservatórios e bombas caso existam;
- **solicitações ao sistema** em estudo materializadas sob a forma de consumos e caudais distribuídos espacialmente e temporalmente;
- **funcionamento operacional do sistema**, caso seja necessária a simulação de cenários de gestão técnica.

Pode-se então catalogar os dados necessários para a descrição de um modelo em três grupos, dados físicos sobre a rede, dados sobre os consumos e caudais, e dados sobre o funcionamento operacional da rede.

Os primeiros dois grupos representam a maior parte do volume de trabalho no desenvolvimento de um modelo.

A topologia, a geometria e as características físicas da rede tais como os diâmetros e materiais que a compõem serão definidos com recurso ao ficheiro CAD fornecido pela ARM.

A altimetria será determinada com recurso a um ficheiro CAD que contém a topografia da parte sul do concelho de Câmara de Lobos sobreposto a um ortofotomapa da zona em estudo, ambos os ficheiros fornecidos pela DROTA.

As solicitações do sistema em estudo serão determinadas em função da dimensão e características do aglomerado. Estas serão aferidas através de visitas, de forma a verificarmos as tipologias de habitação existentes e assim determinarmos a população máxima suportada pelas infraestruturas alimentadas pela rede em questão.

Os dados sobre o funcionamento operacional do sistema descrevem o modo como, o mesmo é operado através da especificação de níveis limite de operação dos reservatórios, no escalonamento temporal do arranque e paragem de bombas e na regulação das válvulas. Neste caso de estudo e uma vez que o sistema é gravítico, apenas necessitamos dos níveis de operação dos reservatórios.

4.2. Sistemas de unidades adotado

Antes da introdução dos dados no EPANET, é essencial que sejam bem configuradas as unidades de medida das diversas grandezas. Adotou-se as unidades do Sistema Internacional uma vez que este é o utilizado em Portugal e em grande parte do globo.

Assim sendo, as unidades de medida adotadas para os principais parâmetros são as indicadas na Tabela 18.

Tabela 18 - Unidades das grandezas da modelação

Parâmetro	Unidades
Carga hidráulica	m.c.a (metros de coluna água equivalente)
Caudal	L/s (litro por segundo)
Comprimento	m (metros)
Concentração	mg/L (miligrama por litro)
Consumo	L/s (litro por segundo)
Cotas	m (metros)
Diâmetro (Reservatórios)	m (metros)
Diâmetro (Conduatas, Válvulas ou Bombas)	mm (milímetros)
Energia	kWh (kilowatts hora)
Fator de perda de carga	adimensional
Tempo de percurso ou idade da água	h (horas)
Perda de carga unitária	m/km (metro por quilómetro)
Potência	kW (kilowatts)
Pressão (altura piezométrica)	m.c.a (metro coluna de água equivalente)
Rendimento	%
Velocidade	m/s (metro por segundo)
Volume	m³ (metro cúbico)

4.3. Aspetos a considerar na construção digital do modelo

A construção do modelo inicia-se com o tratamento da informação base de projeto que pode estar armazenada de diversas formas, desde o formato numérico, ao suporte gráfico em papel ou digital em “PDF”, CAD ou “SIG” (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

Neste caso particular em estudo, a entidade concessionária do sistema disponibilizou as plantas da rede em suporte gráfico digital “PDF” e CAD, que são formatos bastante utilizados como suporte de telas de projeto e telas finais de obras realizadas na rede, este irá

proporcionar que se realize uma introdução rigorosa do traçado geométrico da rede no EPANET.

No entanto deve-se ter em consideração alguns aspetos importantes, uma vez que estes tipos de ficheiros não são normalmente concebidos com o intuito de serem utilizados posteriormente em modelos de simulação.

A partir de um ficheiro CAD somente é possível obter o traçado geométrico da rede em termos de condutas e nós, os restantes elementos como válvulas, reservatórios ou bombas têm que ser introduzidos através do EPANET (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

As condutas no programa de modelação devem ter as mesmas características físicas, nomeadamente um diâmetro e material homogéneo ao longo do seu desenvolvimento e representam elementos físicos reais da rede (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

Os nós são elementos fictícios criados para caracterizar pontos específicos do traçado, estes são introduzidos sempre que haja a necessidade de delimitar um troço, o que no caso das condutas se realiza sempre que existam descontinuidades nas características físicas da tubagem, nomeadamente, intersecções, cruzamentos, derivações, mudanças de diâmetros, mudanças de material ou ainda em pontos notáveis de ordem hidráulica, operacional ou mesmo geográfica (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006).

4.4. Criação e preparação do ficheiro de modelação

Numa primeira fase criou-se um ficheiro em branco no EPANET no formato “NET” com as unidades do sistema internacional, para onde iremos posteriormente importar a geometria da rede, obtida aquando da conversão do ficheiro CAD, assunto abordado posteriormente.

A unidade de comprimento a ser utilizada no decorrer do projeto foi definida no separador do EPANET “*View - Dimensions*” onde selecionamos a unidade definida na Tabela 18 para medir comprimentos, como podemos observar na Figura 23.

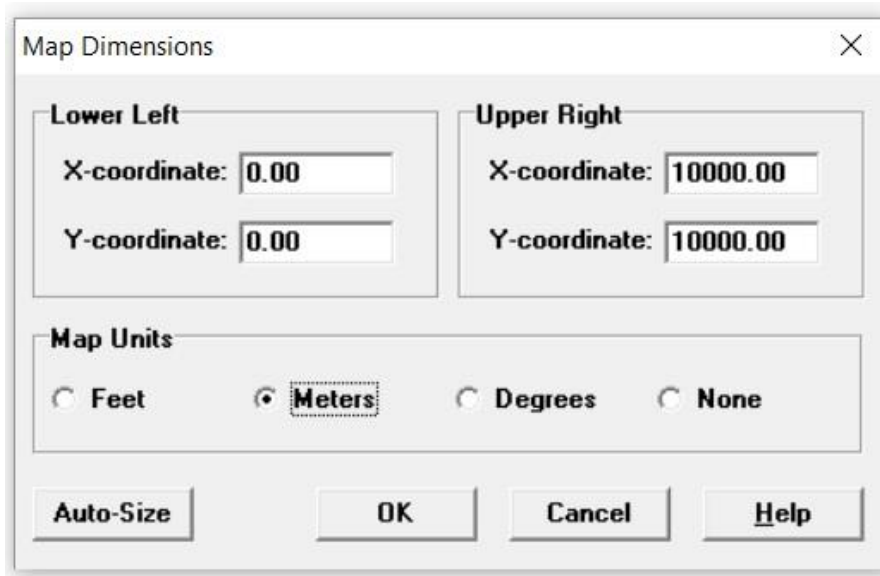


Figura 23 - Definição da unidade de comprimento

A unidade padrão de caudais a ser utilizada no decorrer do projeto foi definida no separador “Project - Default - Hydraulics” onde se selecionou a unidade L/s definida na Tabela 18 para medir caudais, representada através acrónimo LPS, e de observação possível na Figura 24. Neste separador, pode-se ainda definir o número máximo de iterações (40.0) a efetuar em cada troço na opção “Maximum Trials”, e a margem de erro aceitável com que se pode terminar o cálculo iterativo na opção “Accuracy”. É também nesta janela onde se realiza a definição da fórmula da perda de carga contínua a ser utilizada pelo EPANET, estando esta já definida deste o ponto “2.1.6 - Formulação do modelo matemático de comportamento hidráulico” como a fórmula de Darcy - Weisbach (associada à equação implícita de Colebrook - White) representada no EPANET pelo acrónimo D-W.

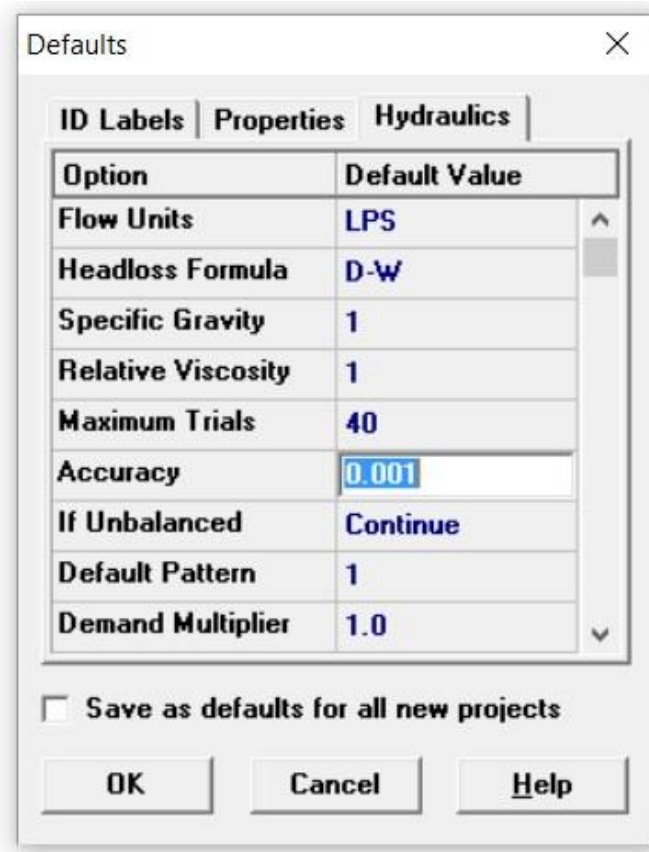


Figura 24 - Propriedades hidráulicas de caudal definidas no software

Nesta fase encontramos-nos com um ficheiro de modelação em branco e com as unidades do sistema internacional já definidas.

4.5. Criação da geometria da rede a partir de desenhos CAD

Neste ponto deu-se início à importação da geometria da rede para o software de modelação, para tal é necessário converter-se o ficheiro CAD, que se encontra no formato “DWG”, para um ficheiro “ASCII” no formato “NET”, que é o formato suportado pelo EPANET.

Para se realizar esta etapa inicial utilizou-se uma ferramenta complementar ao software de modelação, denominada DXF2EPA.

Numa primeira fase, trata-se o ficheiro de desenho em *AutoCAD*, uma vez que o programa DXF2EPA apenas transforma layers contendo “*Lines*” ou “*3Dpolylines*”. Para tal transforma-se as “*Polylines*” que formam a geometria do desenho CAD em “*Lines*” utilizando o comando “*Explode*”, e posteriormente, guarda-se o ficheiro que se encontra no formato “DWG”, no formato “DXF” *AutoCAD R12*, como podemos ver na Figura 25.



Figura 25 - Conversão em ficheiro “DXF”

Depois da conversão do ficheiro de desenho utiliza-se a ferramenta complementar para converter o ficheiro “DXF” para o formato “NET” para posteriormente o importarmos para o EPANET.

Esta ferramenta auxiliar é composta por quatro fases, através das quais, o projetista vai fornecendo ao programa, a informação necessária para a conversão do ficheiro.

Antes de se iniciar a conversão precisou-se ainda de se alterar o tipo de separador decimal utilizado pelo computador, uma vez que este programa de conversão necessita que o separador decimal utilizado pelo computador seja o ponto (.) e não a vírgula (,) separador utilizado por defeito (Coelho, Loureiro, & Alegre, 2006). Esta tarefa pode ser concretizada no Painel de Controlo do Windows nas definições avançadas das datas.

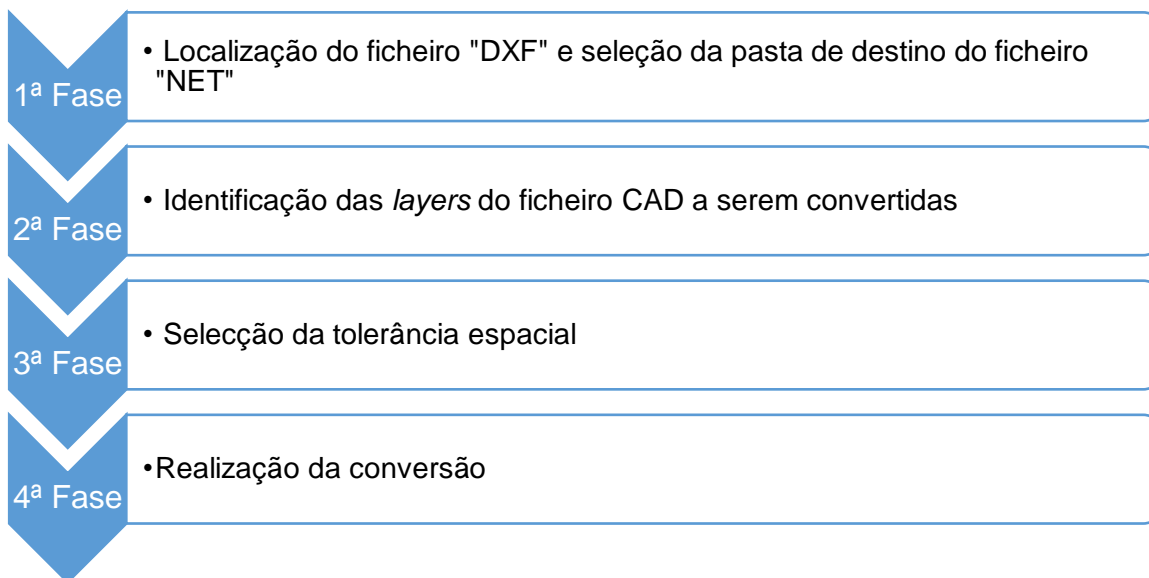


Figura 26 - Faseamento seguido no software de conversão DXF2EPA

Numa primeira fase da conversão, preencheu-se a janela presente na Figura 27, com a localização do ficheiro “DXF” com a rede em análise, o ficheiro de dados de modelação “NET” para o qual será exportada a rede e finalmente o título do projeto em questão.

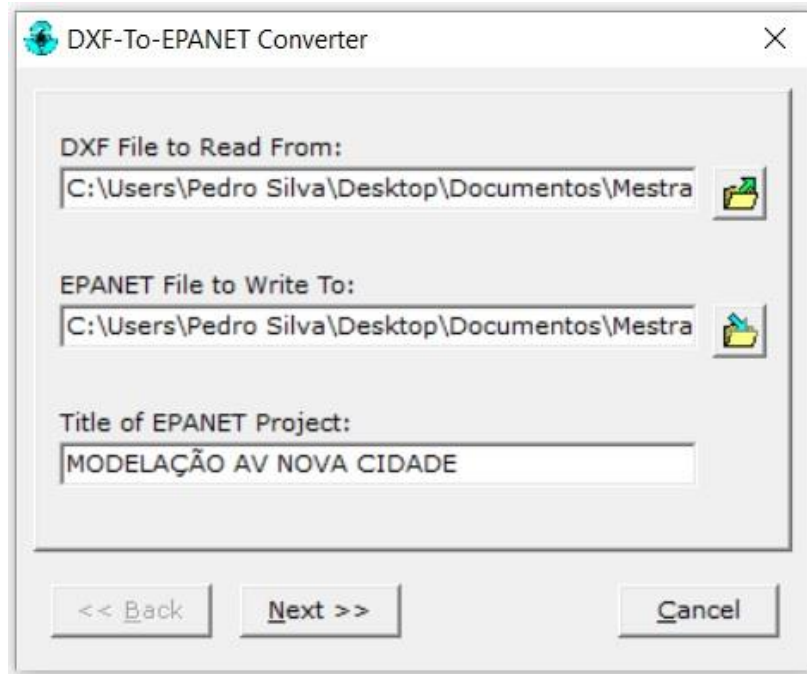


Figura 27 - Primeira fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”

Posteriormente preencheu-se a janela presente na Figura 28 com a seleção dos *layers* envolvidas na definição da geometria da rede de abastecimento. No caso do ficheiro fornecido pela ARM apenas se necessitou dos *layers* “Ramais” e “Tubagens”.

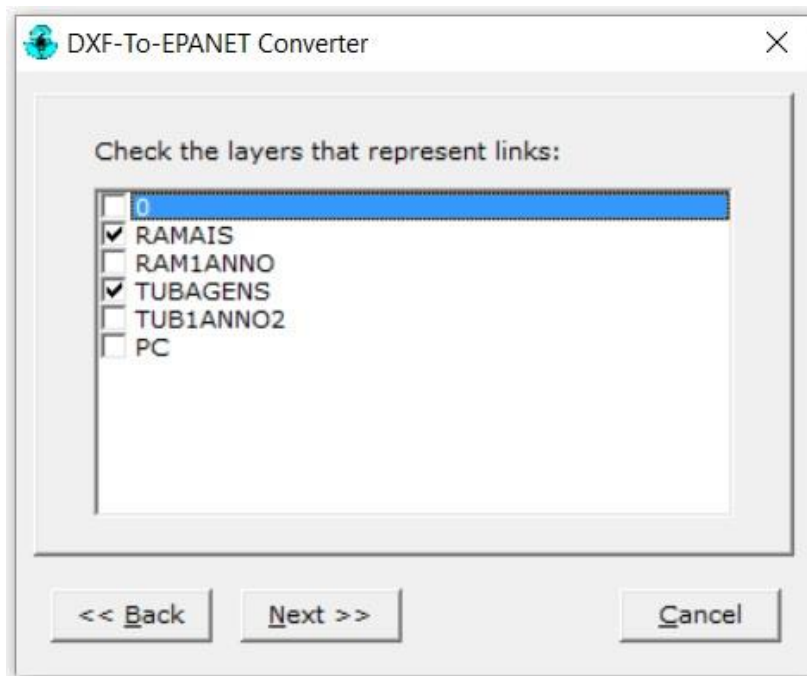


Figura 28 - Segunda fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”

Numa terceira fase da conversão, preencheu-se a janela presente na Figura 29, com o valor da tolerância espacial, nas unidades do desenho, para que todos os finais das condutas dentro desse intervalo de tolerância sejam associados aos nós, e ainda com a opção para o programa

calcular automaticamente os comprimentos das condutas, nas unidades do desenho, que importa referir está em metros (Rossman, DXF-To-EPANET File Conversion Tool, 2001).

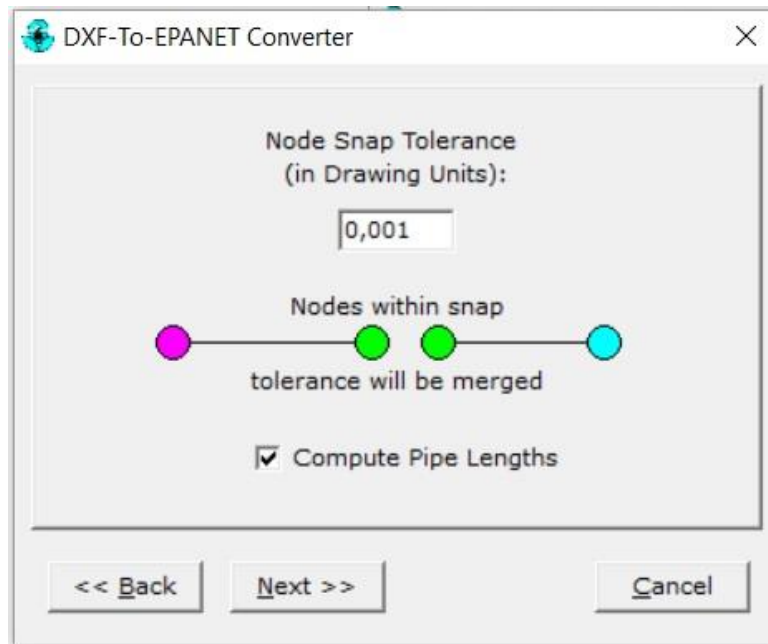


Figura 29 - Terceira fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”

Na quarta e última fase da conversão, preencheu-se a janela presente na Figura 30 com os prefixos e incrementos a adotar para os nós e para as condutas, é também nesta fase que com recurso ao botão “Convert” converteu-se o ficheiro CAD num ficheiro “NET”.

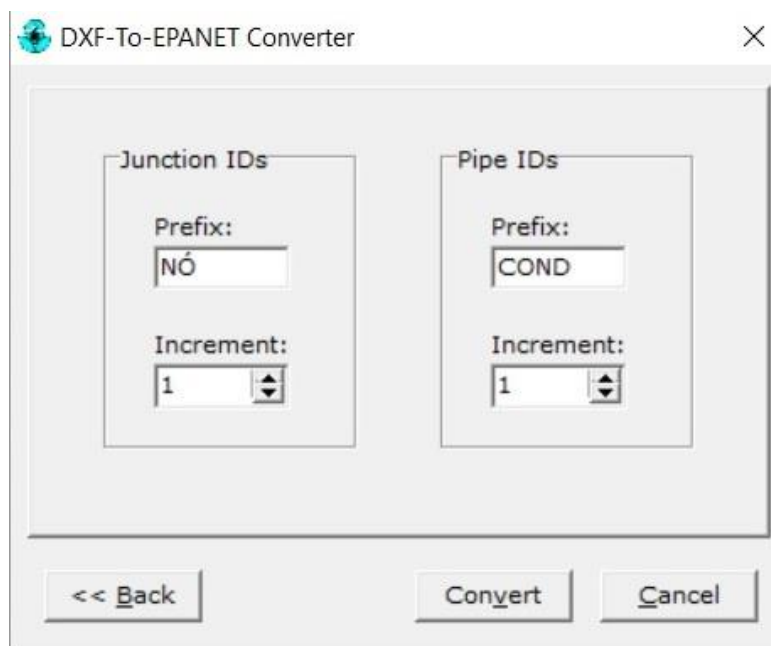


Figura 30 - Quarta fase de conversão do ficheiro “DXF” para o ficheiro “NET”

Se a conversão tiver sido realizada com sucesso, o resultado será um ficheiro de dados com o formato “NET” de fácil abertura através do EPANET ou em qualquer outro simulador capaz de ler ficheiros do mesmo género, como se pode observar na Figura 31.

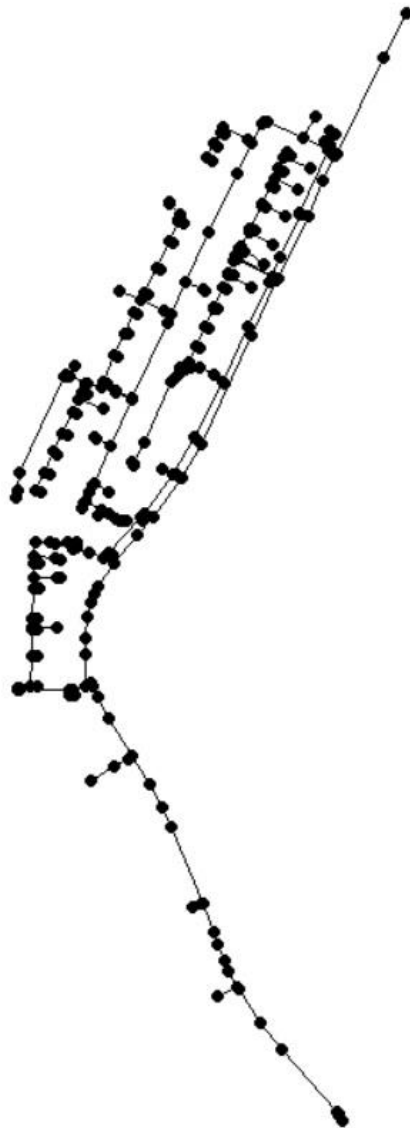


Figura 31 - Ficheiro convertido da geometria da rede no EPANET

Este ficheiro de dados convertido, apenas descreve a geometria do traçado em estudo, sendo que para analisar o comportamento hidráulico da rede, é fundamental, antes de se iniciar a caracterização das solicitações, que se complete o modelo com a altimetria e com as características da infraestrutura física, presentes nos ficheiros fornecidos pela ARM, nomeadamente os diâmetros e materiais das tubagens, e ainda com dados obtidos de visitas e pesquisa bibliográfica, nomeadamente com o posicionamento de reservatórios, bombas, válvulas ou instalações auxiliares.

Posteriormente à criação do ficheiro com a geometria, e de modo a melhor ilustrar a localização de todos os órgãos do arruamento em estudo, realizou-se a sobreposição da geometria do sistema de distribuição com o ortofotomapa fornecido pela DROTA, através do submenu *“View-Backdrop-Load”*. A ilustração mencionada anteriormente pode ser observada na Figura 32.



Figura 32 - Traçado geométrico convertido da rede geral de distribuição sobreposto a um ortofotomapa da Avenida da Nova Cidade no EPANET

4.6. Modelação das características físicas da rede

O modelo resultante da importação da geometria da rede somente contém a sua descrição geométrica, sendo essencial para o funcionamento fiável deste modelo, que se importem os dados altimétricos recolhidos, bem como os diâmetros e materiais das condutas e ainda o posicionamento de reservatórios, bombas e instalações auxiliares, caso existam.

Este processo é realizado no *software* de modelação preenchendo os dados em falta de todos os nós e condutas do sistema.

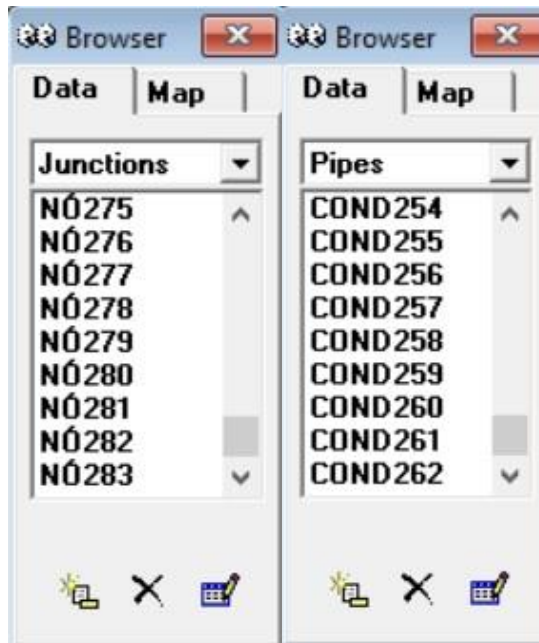


Figura 33 - Número de nós e condutas do modelo do sistema em estudo

Resta salientar que a conversão da geometria da rede para o EPANET resultou em 283 nós e 262 condutas como podemos observar na Figura 33, mas numa fase mais avançada podem surgir novos elementos, caso existam condutas desligadas umas das outras, erro comum na conversão realizada anteriormente, ou caso se tenha que introduzir novas condutas, nós, ou novos órgãos de segurança, regulação e manobra para adequar regulamentarmente o sistema.

4.6.1. Modelação da altimetria da rede

A modelação da altimetria deste arruamento foi realizada analisando as cartas topográficas e ortofotomapas do concelho de Câmara de Lobos, elementos fornecidos pela DROTA.

Utilizou-se o programa *AutoCAD Map 3D* de modo a se conseguir construir um único ortofotomapa global tendo como ponto de partida os quatro ortofotomapas fornecidos pela DROTA, este passo foi necessário devido ao facto do arruamento em estudo se encontrar na divisão das imagens aéreas. Posteriormente realizou-se no *AutoCAD 2015* a união das cartas topográficas devido à mesma razão supramencionada.

Após realizada a junção dos elementos, e uma vez que um ficheiro traduz o desnível geográfico e o outro fornece a localização exata das infraestruturas reais, procurou-se

sobrepor os mesmos de modo a se obter num único ficheiro a descrição da topografia local e a localização das infraestruturas em análise. O ficheiro resultante desta transformação inicial pode ser observado na Figura 34.



Figura 34 - Ortofotomapa e Topografia da Vila de Câmara de Lobos sobrepostos

As vias de comunicação têm a particularidade de não seguirem exatamente a topografia do terreno uma vez que por questões técnicas, necessitam de terem um perfil longitudinal uniforme, tendo este facto em consideração, apenas se retirou as cotas de montante e de jusante do arruamento em estudo, permitindo assim termos um desnível constante ao longo do desenvolvimento do arruamento, o resultado pode ser observado na Tabela 19.

Tabela 19 - Dados altimétricos da Avenida da Nova Cidade

Dados altimétricos da Avenida da Nova Cidade			
Cota estrada a Montante (m)	Cota da estrada a Jusante (m)	Comprimento (m)	Desnível (%)
52.8	28.7	469.4	5.1

Assim sendo, a conduta mais a montante do arruamento, denominada de Conduta “127”, com uma cota a montante de 52.8 m, um comprimento de 18.8 m a uma inclinação de 5.1 % resulta numa cota de jusante de 51.8 m, as cotas foram calculadas para todos os nós inseridos nos arruamentos, da forma indicada anteriormente e encontram-se expostas no Anexo 7.

Existem, no entanto, algumas particularidades, nomeadamente, a determinação da cota de um ponto de consumo, de ramais de ligação ou de algumas condutas secundárias que se encontrem por debaixo das edificações.

Para estes casos utilizou-se como ponto de partida, a cota da conduta localizada no arruamento onde se inicia o respetivo ramal de ligação ou conduta secundária, a partir deste valor, sabendo o comprimento da ligação, apenas tem-se que saber o declive da derivação para podermos determinar a cota do ponto de consumo final.

A regulamentação recomenda através do Artigo 148º do RGSPDADAR, exposto no Anexo 4 (ver Figura 77), valores entre 2.0 % a 4.0 % logo assumiu-se uma inclinação intermédia de 3.0 % no decorrer deste estudo, para todos os ramais de ligação ou condutas secundárias enterradas.

Realizou-se um cálculo exemplificativo para o Bloco I, cuja disposição espacial das condutas é possível observar na Figura 35. Esta derivação é composta pelas condutas secundárias números “92, 69, 291, 292 e 293” e para os ramais de ligação representados pelas condutas número “6, 17 e 54”.

A seta azul indica o sentido do escoamento útil para diferenciarmos os pontos de montante e jusante das condutas.

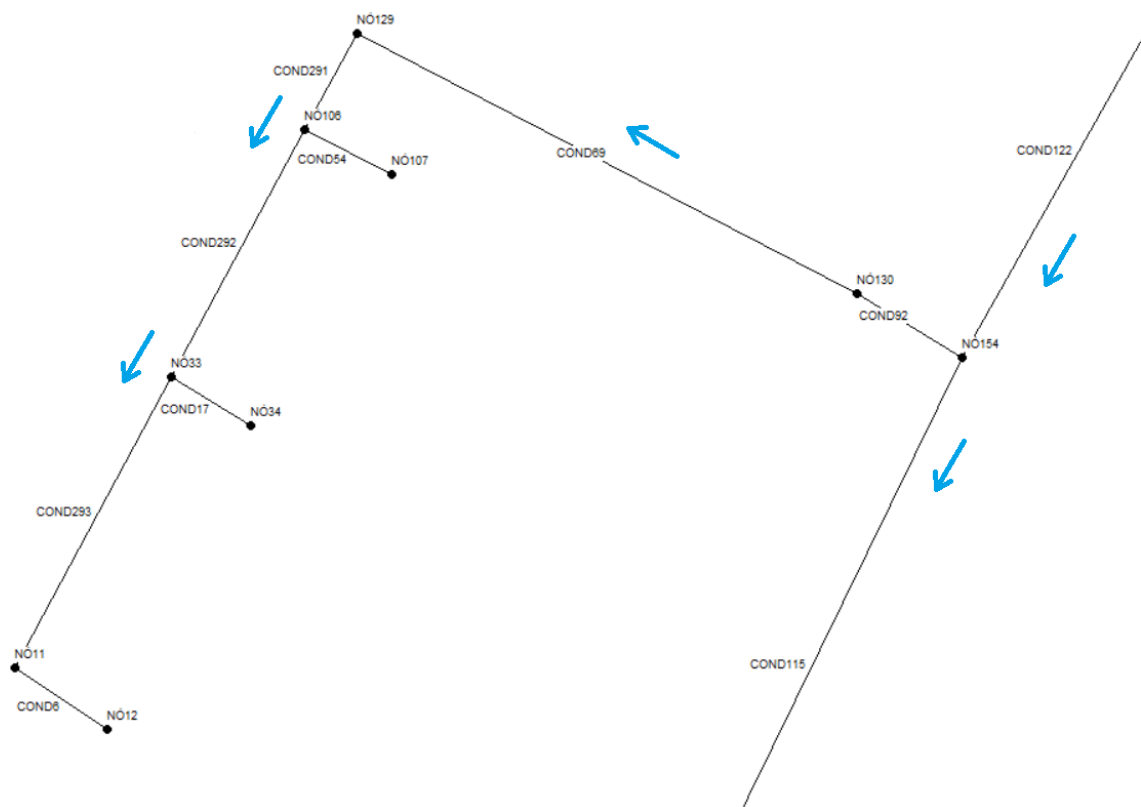


Figura 35 - Ramal de ligação do Bloco I para exemplo do calculo de cotas dos pontos de consumo

Sabendo a cota de jusante da conduta “122” que se desenvolve ao longo do arruamento secundário do empreendimento habitacional, valor de observação possível no Anexo 7, representado na Figura 35 pelo nó “154”.

Posteriormente utilizou-se a inclinação recomendada no Artigo 148º do RGSPDADAR para podermos determinar a cota de todos os pontos enterrados por debaixo das infraestruturas, representados na Figura 35 pelos nós “11, 12, 33, 34, 106, 107, 129 e 130”.

Pode-se observar, na Tabela 20 os resultados do cálculo das cotas dos nós enterrados para a derivação domiciliária do Bloco I ilustrada na Figura 35.

As cotas altimétricas dos restantes pontos enterrados para todos os empreendimentos que se encontram no arruamento, incluindo as condutas destinadas para o combate a incêndios encontram-se no Anexo 8.

Tabela 20 - Cotas dos nós enterrados por debaixo do Bloco I

Bloco I				
Conduta	Cota Montante (m)	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota Jusante (m)
Conduta Secundária				
92	52.39	2.16	0.03	52.33
69	52.33	9.95	0.03	52.03
291	52.03	1.92	0.03	51.97
292	51.97	4.98	0.03	51.82
293	51.82	5.83	0.03	51.64
Ramais de Ligação				
54	51.97	1.64	0.03	51.92
17	51.82	1.95	0.03	51.76
6	51.64	1.95	0.03	51.59

Posteriormente à determinação das cotas altimétricas de todos os nós, seguiu-se a fase de inserção dos valores obtidos no *software*, esta é a fase mais morosa da construção do modelo, uma vez que será realizada nó a nó, da forma exemplificada nos parágrafos seguintes.

Primeiro seleciona-se o nó cujas propriedades iremos modelar, para depois aceder-se às propriedades do mesmo através do botão assinalado na Figura 36.

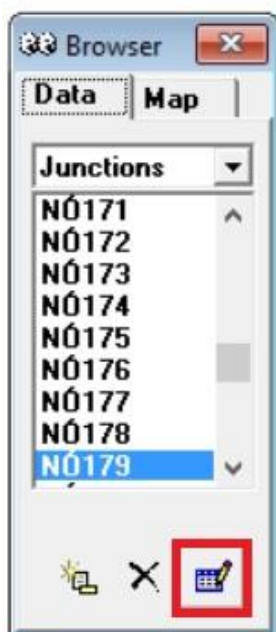


Figura 36 - Botão de acesso às propriedades dos nós

Na janela de modelação das propriedades dos nós, pode-se inserir várias características físicas inerentes ao mesmo, como por exemplo, a altimetria, o consumo base e o padrão de consumo, entre outros, mas no presente ponto apenas se preenche os dados altimétricos na linha denominada “*Elevation*”, como podemos observar na Figura 37, uma vez que o consumo base e os padrões de consumo serão definidos posteriormente.

Property	Value
*Junction ID	NÓ179
X-Coordinate	1464.63
Y-Coordinate	1139.91
Description	
Tag	
*Elevation	52.8
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1

Figura 37 - Janela de edição das propriedades dos nós com a definição da altitude do nó 179

4.6.2. Modelação dos diâmetros e materiais

Posteriormente à definição da geometria e altimetria da rede de distribuição, o passo seguinte para que se complete a descrição física das características do sistema, é a inserção dos diâmetros e a definição dos materiais das tubagens.

No que diz respeito aos diâmetros os mesmos encontram-se discriminados no ficheiro CAD fornecido pela ARM da forma observável na Figura 38.

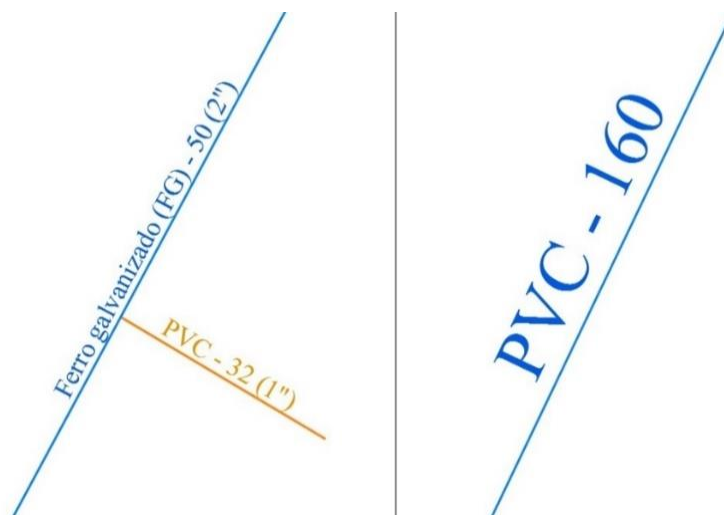


Figura 38 - Representação digital dos diâmetros e materiais adotados na rede de distribuição

Algumas tubagens possuem duas dimensões, uma em milímetros e outra em polegadas como podemos observar na representação mais à esquerda da Figura 38.

O valor em polegadas representa o diâmetro interno sendo este o valor que se insere no *software* após uma simples conversão do valor para milímetros, para outras tubagens, como no caso mais à direita da Figura 38, somente é fornecida uma dimensão, supôs-se ser o diâmetro externo em milímetros, para estes casos iremos consultar um catálogo de tubagens de uma empresa certificada pelo LNEC para adotarmos um diâmetro interno homologado, as características podem ser observadas no Anexo 9.

Um excerto das características das tubagens, do catálogo consultado, da empresa POLITEJO, encontra-se exposto na Tabela 21.

A espessura da membrana varia em função da pressão nominal de serviço suportada pela tubagem, uma vez que ainda não sabemos a gama de pressões a que a tubagem irá estar sujeita, iremos utilizar, para os diâmetros externos definidos, o diâmetro interno que nos proporcione a maior resistência em termos de pressões de serviço, para numa fase posterior quando se souber as pressões existentes e velocidades máximas verificadas se realizar uma análise à viabilidade técnica da escolha realizada nesta fase.

Tabela 21 - Excerto do catálogo no Anexo 9 de diâmetros e pressões de serviço de tubos em PVC da empresa POLITEJO

Referência	Pressões de serviço (kg/cm ²)	Dimensões	
		Espessura da membrana (mm)	Ø _i (mm)
160 - TL - OR - AL	6.0	4.7	150.6
	10.0	7.7	144.6
	16.0	11.9	136.2

Assim sendo e de acordo com os diâmetros e pressões observáveis na Tabela 21 iremos adotar, para a tubagem com 160.0 mm de diâmetro nominal, um diâmetro interno de 136.2 mm cuja pressão de serviço corresponde a 1.6 MPa.

O processo de definição dos diâmetros das condutas é semelhante ao processo de definição da altimetria, mas neste caso selecionou-se uma conduta e não um nó como no ponto anterior, depois de se realizar a seleção da conduta cujas propriedades vamos definir, acedeu-se às propriedades da mesma através do botão assinalado na Figura 39.

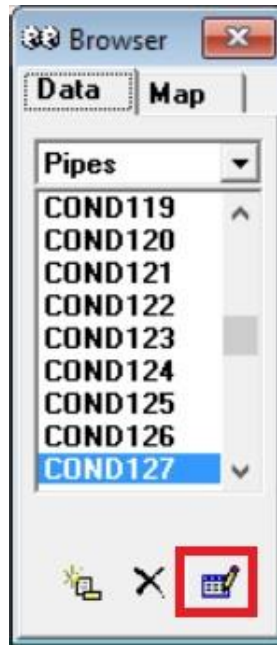


Figura 39 - Botão de acesso às propriedades das condutas

Posteriormente surge a janela de modelação das propriedades das condutas onde se irá inserir os dados que descrevem fisicamente a conduta em questão, nomeadamente o seu diâmetro interno e o seu coeficiente de resistência que depende do material que compõe a tubagem.

O diâmetro interno da tubagem é inserido na linha denominada “*Diameter*” nas unidades de milímetros como podemos observar na Figura 40, para o coeficiente de resistência ou de rugosidade consultou-se a Tabela 22, obtida do manual do EPANET e convertida para as unidades do sistema internacional (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

Tabela 22 - Coeficientes de resistência ou de rugosidade

Material	Hazen-Williams C (adimensional)	Darcy-Weisbach K_e (mm)	Manning n (adimensional)
Ferro Fundido	130-140	0.259	0.012-0.015
Betão	120-140	0.31 - 3.1	0.012-0.017
Ferro Galvanizado	120	0.1524	0.015-0.017
Plástico	140-150	0.0015	0.011-0.015
Aço	140-150	0.0457	0.015-0.017

Assim sendo, e como foi adotado no ponto 2.1.6 - *Formulação do modelo matemático de comportamento hidráulico*, a fórmula de *Darcy-Weisbach* associada à equação de *Colebrook-White*, para a definição da relação entre as variáveis estado de caudal (ou velocidade) e perda de carga (ou variação de pressão), ir-se-á inserir como coeficiente de resistência no *software* de modelação, os valores correspondentes à rugosidade absoluta da conduta (ϵ), de observação possível na Figura 40.

Como tal, para a tubagem em estudo, denominada de conduta “127”, com um diâmetro exterior de 160.0 mm e um diâmetro interno de 136.2 mm, constituída por PVC (plástico) implica um coeficiente de rugosidade de 0.0015 mm.

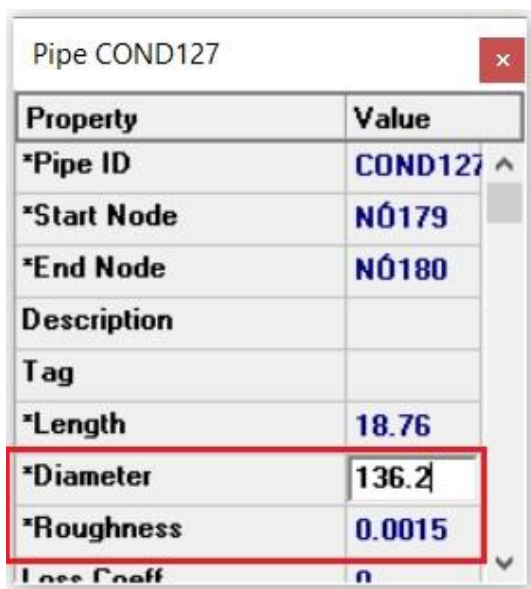


Figura 40 - Janela de edição das propriedades das condutas com a definição do diâmetro e coeficiente de resistência da conduta “127”

4.7. Modelação das solicitações ao sistema

No decorrer deste estudo não foi possível ter-se acesso a dados de consumos atuais nem aos projetos de dimensionamento hidráulico das derivações, que nos poderiam fornecer o valor da capitação máxima considerada no seu dimensionamento.

Devido à falta destes dados, consultou-se o RGSPDADAR para a definição das capitações domésticas mínimas, de observação possível na Tabela 23, e ainda o manual de Sistemas de abastecimento de água dos autores José Almeida Marques e Joaquim Oliveira Sousa, para a definição das capitações recomendadas para os consumos particulares, dos cafés, bares, supermercados, escola primária, centro de saúde, lar de idosos e centro de dia, que se encontram no arruamento em estudo.

As capitações recomendadas encontram-se nas tabelas seguintes, Tabela 23 para os consumos domésticos, Tabela 24 para os consumos na escola primária, Tabela 25 para os consumos do centro de saúde, Tabela 26 para os consumos do lar de idosos e a Tabela 27 para os consumos comerciais.

Tabela 23 - Capitação mínima regulamentar para os consumos domésticos (RGSPDADAR)

Tipos de consumo	Zona	Capitação mínima (L/hab.dia)
Doméstico	< 1000 habitantes	80.0
	1000 < habitantes < 10 000	100.0
	10 000 < habitantes < 20 000	125.0
	20 000 < habitantes < 50 000	150.0
	> 50 000	175.0
Comercial	Inserem-se nas capitações globais	
Industrial	Analisar caso a caso	
Públicos	5.0 a 20.0	

Tabela 24 - Consumos em escolas e residências de estudantes (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007)

Tipo de estabelecimento	Consumo diário (L/pessoa)
Aluno externo	40.0
Aluno semi-interno	70.0
Aluno interno	250.0
Pessoal não residente	50.0
Pessoal residente	200.0

Tabela 25 - Consumos em hospitais, clínicas, consultórios e similares (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007)

Tipo de estabelecimento	Consumo diário	Unidades
Hospitais e clínicas com internamento	800.0	litros/cama
Consultórios médicos	500.0	litros/consultório
Clínicas dentárias	1000.0	litros/unidade de tratamento

Tabela 26 - Consumos em hotéis, pensões e hospedarias (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007)

Tipo de estabelecimento	Consumo diário (L/hóspede)
Hotel	500.0
Pensão	350.0
Hospedaria	25.0 litros/m ² de dormitório

Tabela 27 - Consumos em bares, cafés e similares (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007)

Área	Consumo diário
Até 30.0 m ²	1500.0 litros
31.0 m ² - 60.0 m ²	60.0 litros/m ²
61.0 m ² - 100.0 m ²	50.0 litros/m ²
Mais de 100.0 m ²	40.0 litros/m ²

Iniciou-se esta tarefa pela definição dos consumos domiciliários, cuja capitação mínima, em função da dimensão do aglomerado, podemos observar na Tabela 23.

Após verificarmos no ponto 3.2 do presente estudo que o arruamento em questão está situado numa zona cujo aglomerado é composto aproximadamente por 5000 consumidores, pode-se assumir que a capitação a considerar nunca poderá ser inferior a 100.0 litros diários por habitante.

Para a capitação doméstica, assumiu-se então, o valor da capitação média do concelho de Câmara de Lobos, exposto na Tabela 14 com o valor de 121.9 l/hab.dia, superior à capitação mínima presente na legislação, para posteriormente se adicionar a esta capitação o valor referente às fugas e perdas, observável na Tabela 14, e que no município em questão se situa no valor insustentável de 68.0 %. Incrementou-se ainda a esta capitação o valor de 20.0 l/hab.dia para englobarmos os consumos públicos referentes a fontanários, bebedouros, lavagens de arruamentos, rega de zonas verdes e limpeza de coletores para os empreendimentos habitacionais.

Apesar de os caudais instantâneos para combates a incêndios tomarem valores bastantes elevados, como a sua probabilidade de ocorrência e a duração destes eventos assumem

valores baixos, os volumes utilizados acabam por ser insignificantes quando comparados com os restantes tipos de utilização, e são frequentemente desprezados (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

Assim sendo, e contabilizadas as necessidades domésticas, públicas, fugas e perdas, e justificada a não consideração dos caudais para incêndios, exemplifica-se adiante o cálculo da capitação doméstica que resultou no valor de 224.8 l/hab.dia.

$$C_{maD} = 121.9 \times (1 + 0.68) + 20 = 224.8 \text{ l/hab.dia} \tag{eq.15}$$

Em que:

C_{maD} - Caudal ou consumo médio diário doméstico expresso em L/hab.dia.

Após calcular-se o valor da capitação global a definir em cada bloco de apartamentos, é essencial que se determine a população máxima que cada empreendimento suporta, para podermos calcular o valor das necessidades máximas de água para cada bloco de apartamentos.

A determinação da população máxima suportada pelas infraestruturas foi realizada com recurso a visitas, de modo a determinarem-se as tipologias de habitação existentes e o seu respetivo número. Assumindo que os pisos superiores sejam semelhantes e um número de dois habitantes por quarto, calculou-se o número de habitantes máximos suportados pela infraestrutura habitacional.

Tabela 28 - Números de tipologias habitacionais no R/C cada bloco de apartamentos e respetiva população máxima

Bloco de apartamentos	T0	T1	T2	T3	População máxima do 1º piso habitável
Bloco A	-	2	2	-	12
Bloco B	-	4	2	-	16
Bloco C	-	2	2	-	12
Bloco D	-	3	3	2	30
Bloco E	3	2	2	1	24
Bloco F	3	2	2	1	24
Bloco G	2	4	3	1	30
Bloco H	2	4	3	1	30
Bloco I	1	3	-	-	8

Uma vez determinados os parâmetros da capitação *per capita* e a sua respetiva população máxima do piso térreo, observável na Tabela 28, é possível calcular-se o consumo por derivação, em L/s, para posteriormente designar-se esse valor aos respetivos nós no EPANET.

O consumo instantâneo de todos os empreendimentos, pode ser calculado utilizando a equação 1 do presente estudo.

Expõem-se na Tabela 29, os dados de consumos por nó, para o Bloco I, cuja caracterização física se encontra na Tabela 17, este é composto no rés-do-chão por uma garagem e por quatro pisos habitacionais.

Tabela 29 - Caracterização de consumos dos pontos de consumo do Bloco I

Nome do Edifício	Nós	Tipo de Consumo	Nº Pisos servidos	Nº de Consumidores 1º Piso	Nº de Consumidores Total	Consumo <i>per capita</i> L/hab.dia	Consumo Total (L/s)	Nº de Pontos de Consumo	Consumo por Nó (L/s)
Bloco I	107	Doméstico	4	8	32	224.8	0.0833	3	0.0278
	34								
	12								

Este processo foi realizado para todos os blocos de apartamentos do arruamento, e as respetivas tabelas de consumos encontram-se disponível para consulta no Anexo 10.

Posteriormente ao cálculo das necessidades de águas domésticas, seguiu-se o cálculo das solicitações, dos casos particulares relativos, à escola primária, ao centro de saúde e ao lar de idosos, ao centro de dia, aos bares e cafés e ao supermercado.

Após contacto com a direção do estabelecimento de ensino em questão, verificou-se que o ensino providenciado pela escola é do tipo externo, e que os funcionários são do tipo não residente, ora pode-se então assumir, após consulta da Tabela 24, uma capitação escolar diária de 90.0 l/pessoa/dia, nessa mesma consulta com a direção conclui-se que a amostra de alunos suportada pela escola jamais poderá ser superior a 150.0 alunos auxiliados por 20.0 funcionários.

Após a recolha destes dados podem-se facilmente calcular o consumo instantâneo recomendado para este estabelecimento de ensino, os resultados calculados encontram-se expostos na Tabela 30.

Tabela 30 - Caracterização de consumos dos pontos de consumo da Escola Básica da Fonte da Rocha

Nome do edifício	Nós	Tipo de consumidor	Número de pessoas	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.s)	Consumo total (L/s)	Derivações	Consumo por derivação (L/s)
Escola Primária	74	Alunos	150	40.0	0.0005	0.0694	3	0.0270
	105	Funcionários	20	50.0	0.0006	0.0116		
	261							

Em relação ao centro de saúde e lar de idosos, após a consulta no site da Câmara Municipal de Câmara de Lobos teve-se acesso a uma deliberação do Governo Regional aquando da requisição da infraestrutura (Lobos, 2016).

O lar de idosos de Câmara de Lobos terá capacidade para 80 camas e para a definição da sua capitação recomendada considerou-se este empreendimento como uma pensão e cada cama correspondente a um hóspede. Após a consulta da Tabela 26 adotou-se uma capitação de 350 litros por hóspede.

O centro de saúde será composto por uma unidade de saúde familiar, outra de consulta aberta, direção do centro de saúde, unidade de saúde pública, unidade de medicina física e de reabilitação, unidade de internamento transitório da rede regional de cuidados continuados integrados e áreas técnicas diversas de apoio à estrutura, conduzindo a um total de 7 consultórios e de 12 camas.

Para a definição das captações recomendadas para esta infraestrutura, consultou-se a Tabela 25, e os resultados encontram-se expostos na Tabela 31.

Tabela 31 - Caracterização de consumos dos pontos do Centro de Saúde e Lar de Idosos

Nome	Nós	Tipo de Consumidor	Nº de Unidades	Consumo per capita (L/uni.dia)	Consumo per capita (L/uni.s)	Consumo Total (L/s)	Consumo Total (L/s)	Derivações	Consumo por derivação (L/s)
Centro de Saúde	273	Camas	12	800.0	0.0093	0.111	0.152	1	0.152
		Consultórios	7	500.0	0.0058	0.041			
Lar de Idosos	16	Camas	80	350.0	0.0041	0.324	0.324	1	0.324

Resta agora exemplificar o cálculo das necessidades de uma infraestrutura com diversos tipos de consumo, neste caso particular para o Bloco H, que como se pode observar na Tabela 17, é composto no seu R/C por estabelecimentos comerciais como bares e cafés, e nos quatro pisos superiores por empreendimentos habitacionais.

Tabela 32 - Consumos do R/C do Bloco H destinado ao comércio de bares, cafés e similares

Nome do Edifício	Nós	Tipo de Consumo	Piso	Área (m ²)	Consumo diário p/área (L/m ²)	Consumo Total (L/s)	Pontos de Consumo	Consumo por Nó (L/s)
Bloco H	6	Comerciais (Bares, Cafés e similares)	R/C	561.58	40.0	0.26	10	0.026
	76							
	78							
	80							
	84							
	86							
	88							
	90							
	92							
94								

Como se pode verificar na Tabela 27, a captação recomendada para este tipo de infraestruturas depende da área das mesmas, logo recorreu-se ao Ortofotomapa da DROTA, à escala real (1:1) e com recurso ao *AutoCAD*, mediram-se as áreas dos empreendimentos cujo R/C é destinado ao comércio, nomeadamente o Bloco A, B, D, G e H. Posteriormente à medição destas respetivas áreas, calcularam-se as respetivas necessidades de água do R/C e pisos superiores, os resultados para o R/C podem ser observados na Tabela 32 para os estabelecimentos comerciais, e na Tabela 33 para os restantes pisos habitacionais.

Tabela 33 - Consumos dos 4 pisos do Bloco H destinados à habitação

Nome do Edifício	Nós	Tipo de Consumo	Pisos servidos	Nº de consumidores 1º Piso	Nº de consumidores Total	Consumo per capita (L/hab.dia)	Consumo Total (L/s)	Pontos de Consumo	Consumo por Nó (L/s)
Bloco H	285	Doméstico	4	30	120	224.8	0.312	1	0.312

A localização dos nós foi obtida realizando a diferenciação das condutas destinadas ao abastecimento do R/C, caracterizadas pelo seu menor diâmetro, uma vez que já se encontram divididas para as diferentes partições do piso, das condutas responsáveis pelo abastecimento dos pisos superiores que possuem um diâmetro maior uma vez que transportam as necessidades de água correspondentes ao somatório de todos os pisos, pode-se observar a anterior diferenciação na Figura 41, onde as tubagens a verde representam as condutas que alimentam as partições comerciais do piso térreo, cujo diâmetros nominais variam entre 25.0 mm e 32.0 mm, e a conduta a vermelho, representada pelo nó “285”, é responsável pelo fornecimento de água aos quatro pisos superiores, com um diâmetro nominal de 90.0 mm.

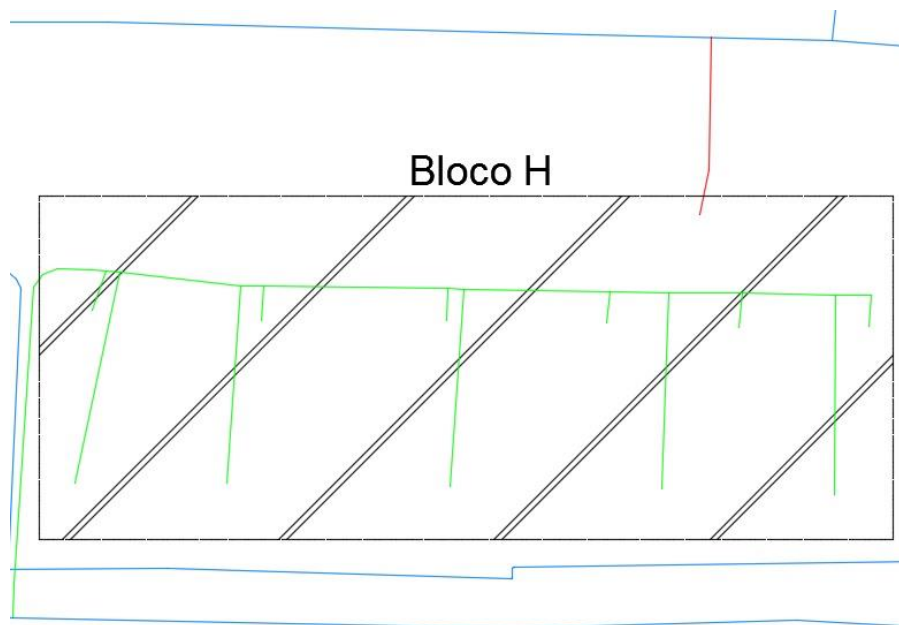


Figura 41 - Diferenciação das condutas do Bloco H que alimentam o R/C e pisos superiores

Uma vez caracterizadas as necessidades instantâneas de água de todas as infraestruturas do arruamento em estudo, procede-se posteriormente à caracterização da sua evolução horária ou dinâmica.

De uma forma geral, verifica-se que ao longo de um dia, os consumos apresentam um comportamento padronizado, sendo praticamente nulos durante a noite e atingem dois máximos durante o dia, o primeiro entre as 7 e as 9 horas da manhã e outro ao fim da tarde entre as 18 e as 20 horas da noite (Oliveira Sousa & Sá Marques, 2007).

Para se calcularem esses caudais máximos utilizou-se a equação 5 exposta no ponto, 2.1.4.5.7 - *Caudais de ponta*, do presente estudo, e que depende somente da população abastecida.

Utilizou-se a população total da zona de abastecimento, sítio geográfico que engloba a rede de distribuição global onde está inserida a rede de distribuição particular em estudo, e composta por um aglomerado populacional de 5000 consumidores, originando um fator de ponta horário de 2.99, os restantes valores são inferiores e arbitrados para que a média diária seja igual a 1.0.

Após a definição do fator de ponta horário, responsável pelos caudais máximos, arbitraram-se os restantes valores e formulou-se uma tabela de consulta possível no Anexo 11, responsável por traduzir as variações do fator de ponta horário ao longo do dia, partindo desta mesma tabela, elaborou-se um gráfico de barras de modo a ilustrar a variação deste mesmo fator de ponta ao longo do dia, como se pode observar na Figura 42.

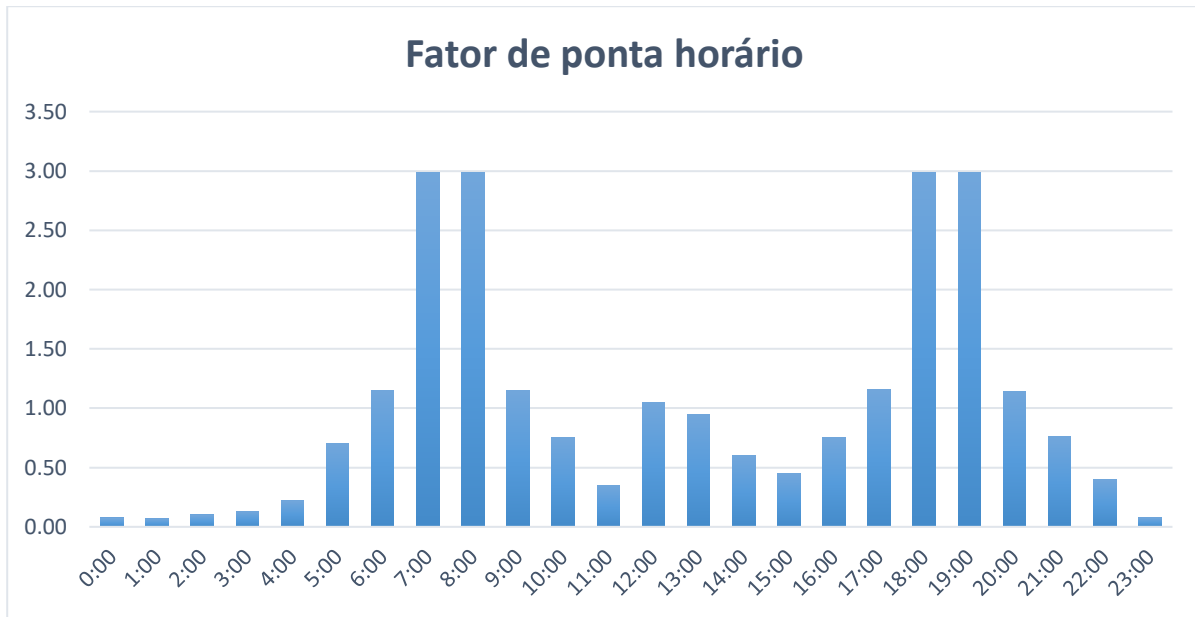


Figura 42 - Variação do fator de ponta horário no decorrer de 24 horas

Posteriormente à quantificação das necessidades de água e à definição da sua distribuição dinâmica diária, inseriram-se os dados no *software* de modelação através da opção “Patterns” no menu “Data”, através do botão destacado a vermelho, como se pode observar na Figura 43.

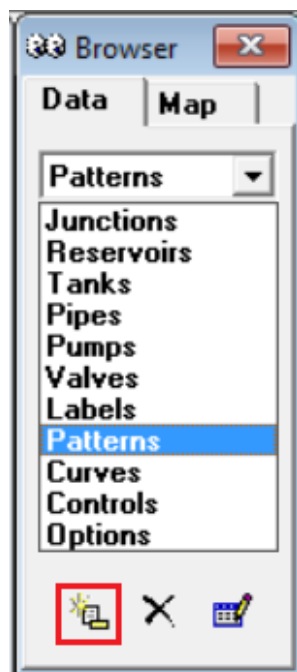


Figura 43 - Criação de um padrão de distribuição temporal de consumos

Na janela seguinte, ilustrada pela Figura 44, inseriu-se no separador “Multiplier” os valores que representam a variação do fator de ponta a considerar nas diferentes horas do dia.

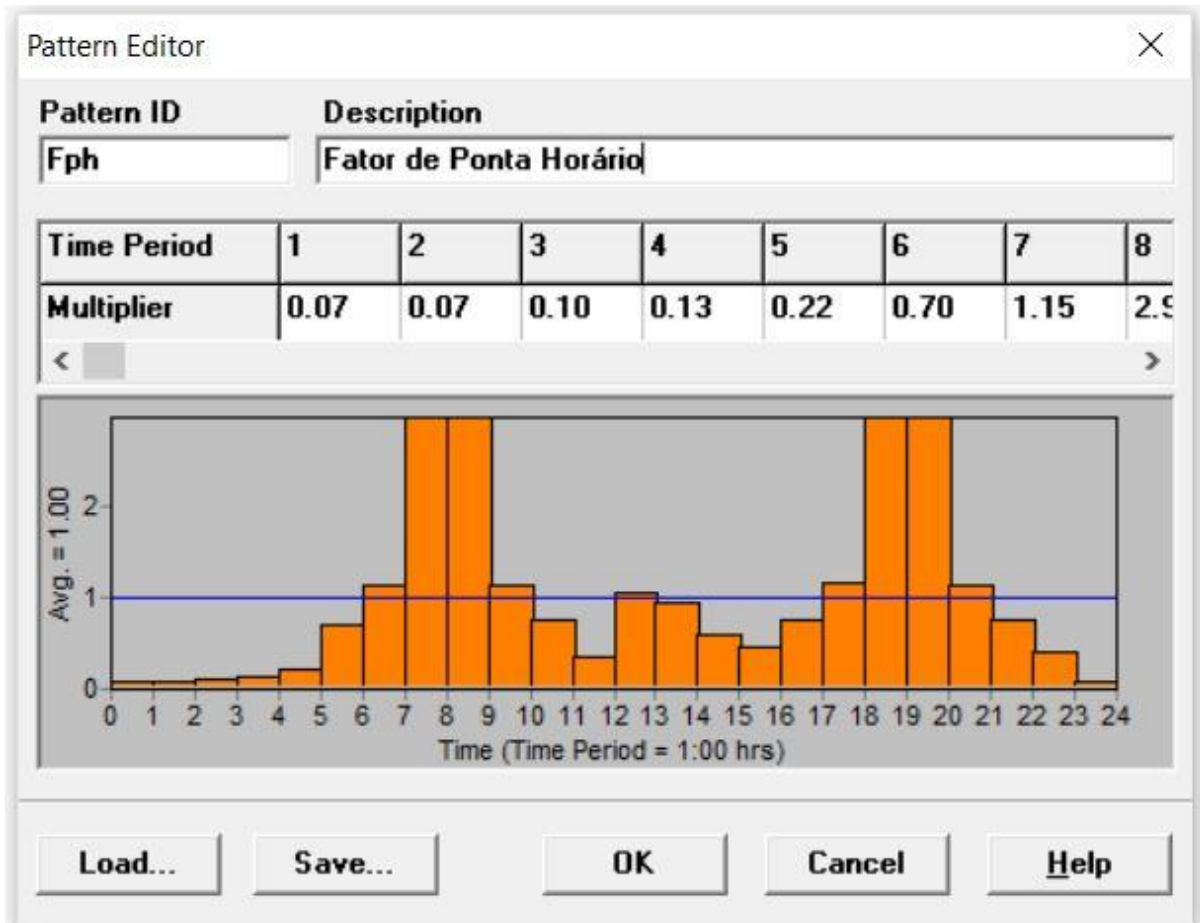


Figura 44 - Padrão de distribuição do Fator de Ponta Horário no EPANET

Nesta fase, já se possui um padrão que permite que se realizem análises dinâmicas ao funcionamento diário da rede de distribuição em estudo, faltando então a designação aos nós de consumo, os valores das necessidades de água instantâneas.

A designação destes valores será exemplificada para o Bloco I, cuja derivação domiciliária está ilustrada na Figura 35, e cujo valor de consumo a designar, aos nós “107, 34 e 12”, encontram-se na Tabela 29.

Para inserir-se esse valor no *software* de modelação acedemos à janela das propriedades dos nós e preencheu-se o valor correspondente à opção “*Base Demand*” com o valor do consumo instantâneo por nó, preencheu-se também a linha denominada “*Demand Pattern*” com o nome dado ao padrão de distribuição temporal de consumos, e o resultado será o observável na Figura 45. Repetiu-se este processo para todos os nós com designações de consumos.

Property	Value
*Junction ID	NÓ107
X-Coordinate	1397.74
Y-Coordinate	1095.10
Description	
Tag	
*Elevation	51.92
Base Demand	0.0278
Demand Pattern	Fph
Demand Categories	1

Figura 45 - Designação da necessidade de água e do padrão temporal de consumo ao nó 107 do Bloco I

4.8. Modelação do ponto de energia hidráulica

Terminada a designação dos consumos aos nós correspondentes, a construção digital do modelo encontra-se numa fase adiantada, faltando somente a inserção dos pontos de energia do sistema, nomeadamente os reservatórios de serviço da zona de abastecimento.

Na interface do *software* utilizou-se o botão denominado “Add Reservoir” visível na Figura 46. Este botão tem a função de modelar um nó que representa uma fonte externa infinita de água à rede de distribuição, utilizou-se esta função uma vez que o sistema em estudo funciona por adução gravítica sem a necessidade de recurso a bombas hidráulicas, logo não existe a necessidade de se definirem níveis de funcionamento nem curvas de volume.



Figura 46 - Botão de modelação de Reservatórios

A colocação deste nó é realizada o mais próximo possível do nó da extremidade de montante do arruamento em estudo, e a ligação deste órgão à rede de distribuição é realizada através da inserção de uma tubagem fictícia de comprimento muito pequeno, com o mesmo diâmetro e características físicas da conduta principal, como podemos observar na Figura 47.

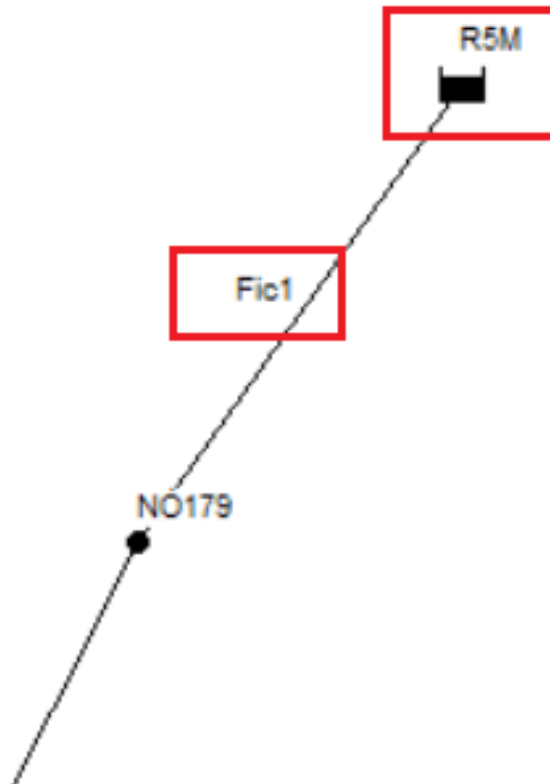


Figura 47 - Inserção na rede de distribuição do Reservatório no ponto de extremidade de montante

Posteriormente à inserção do reservatório na rede de distribuição, edita-se as propriedades físicas relevantes deste órgão, nomeadamente a sua cota altimétrica de superfície livre, calculada a partir da cota de implantação, do volume limite do reservatório e do número de células, dados obtidos através da entidade concessionária, adotou-se uma forma circular com 8.0 m de diâmetro após uma deslocação ao local, os resultados encontram-se na Tabela 34.

Tabela 34 - Dados de modelação do Reservatório nº 5

Cota de superfície do reservatório nº 5 do Pico da Torre	
Volume	929.000 m ³
Nº células	2.0
Volume por célula	464.500 m ³
Cota base	174.60 m
Diâmetro	8.00 m
Altura útil do reservatório	9.24 m
Cota superfície livre	183.85 m

A cota de superfície livre do reservatório é modelada na janela das propriedades dos nós, editando o parâmetro “Total Head” com o valor altimétrico correspondente à cota de superfície livre, como se pode observar na Figura 48.

Reservoir R5	
Property	Value
*Reservoir ID	R5
X-Coordinate	1464.69
Y-Coordinate	1140.00
Description	
Tag	
*Total Head	183.85
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	

Figura 48 - Modelação das propriedades dos reservatórios

Posteriormente à inserção do ponto externo de energia, a construção do modelo digital encontra-se numa fase final, faltando somente a introdução dos órgãos de regulação e manobra, nomeadamente as válvulas. Estas serão inseridas numa fase mais adiantada do desenvolvimento do modelo, depois de se terem realizado análises preliminares e identificados problemas de ordem hidráulica e regulamentar de resolução essencial.

Pode-se então dar início a uma análise ao comportamento desta primeira versão, denominada de modelo base, sem válvulas, analisando os parâmetros essenciais à análise de redes de distribuição de água, nomeadamente, pressões e velocidades regulamentares.

Para se dar início à simulação do comportamento hidráulico do modelo utiliza-se o botão da interface assinalado na Figura 49, e que deve devolver uma mensagem a confirmar que a análise foi realizada com sucesso ou então outra com os erros a serem corrigidos.



Figura 49 - Botão na interface para se realizarem análises ao comportamento hidráulico do modelo

4.9. Modelo Base

Uma vez que a construção do modelo já permite que se realizem análises ao comportamento hidráulico da rede, já nos encontramos com uma versão base do modelo passível de ser analisada, desenvolvida e calibrada.

Iniciou-se a análise pelas pressões, definindo numa primeira fase os intervalos de pressões legalmente estabelecidos pelo RGSPDADAR no seu Artigo 21º e convertida para metros coluna de água.

- **Pressão (m. c. a)**

$$p_{min} = 10 + 4 \times n \text{ (m. c. a)} \quad (eq.16)$$

$$p_{max} = 60 \text{ (m. c. a)}$$

Em que: n - número de pisos servidos acima do solo.

Utiliza-se a equação 16 para se calcular a pressão necessária ao nível do solo, em função do número de pisos de cada infraestrutura.

Os intervalos intermédios a se considerar nesta modelação, corresponde à pressão mínima para edificações só com 1 piso (R/C = 14.0 m.c.a), o valor intermédio para construções com 3 pisos acima do solo (R/C + 2 = 22.0 m.c.a) outro valor intermédio para infraestruturas com 6 pisos acima do solo (R/C + 5 = 34.0 m.c.a) e o valor máximo regulamentar de 60.0 m.c.a.

Os intervalos de pressões a considerar pelo *software* são editados através do separador “View-Legend-Modify-Node” que resulta na janela visível na Figura 50.

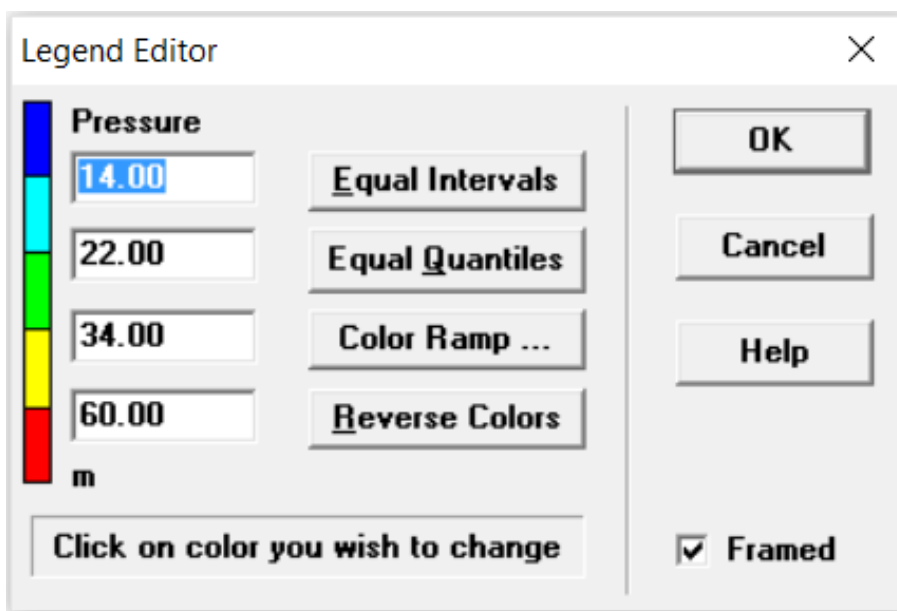


Figura 50 - Intervalos de pressões mínimas e máximas a considerar pelo *software*

Seguidamente analisou-se o sistema à hora de maior consumo (08:00), uma vez que será a esta hora que, teoricamente, se verificarão as pressões mais baixas. Uma vez realizada a análise dos resultados concluiu-se que neste modelo base as pressões resultantes são todas superiores à pressão máxima regulamentar de 60 m.c.a..

Este facto é, muito provavelmente, resultante da topografia acidentada da zona analisada, que resulta em grandes diferenças de altitudes, entre o ponto de energia e os pontos de consumo, dando origem a cargas piezométricas bastante elevadas, mas também por estar-se a estudar um caso particular de uma rede muito extensa, desconsiderando as perdas contínuas e localizadas de energia existentes a montante do arruamento em estudo, os resultados podem ser observados na Figura 51 e têm consulta possível no Anexo 12.

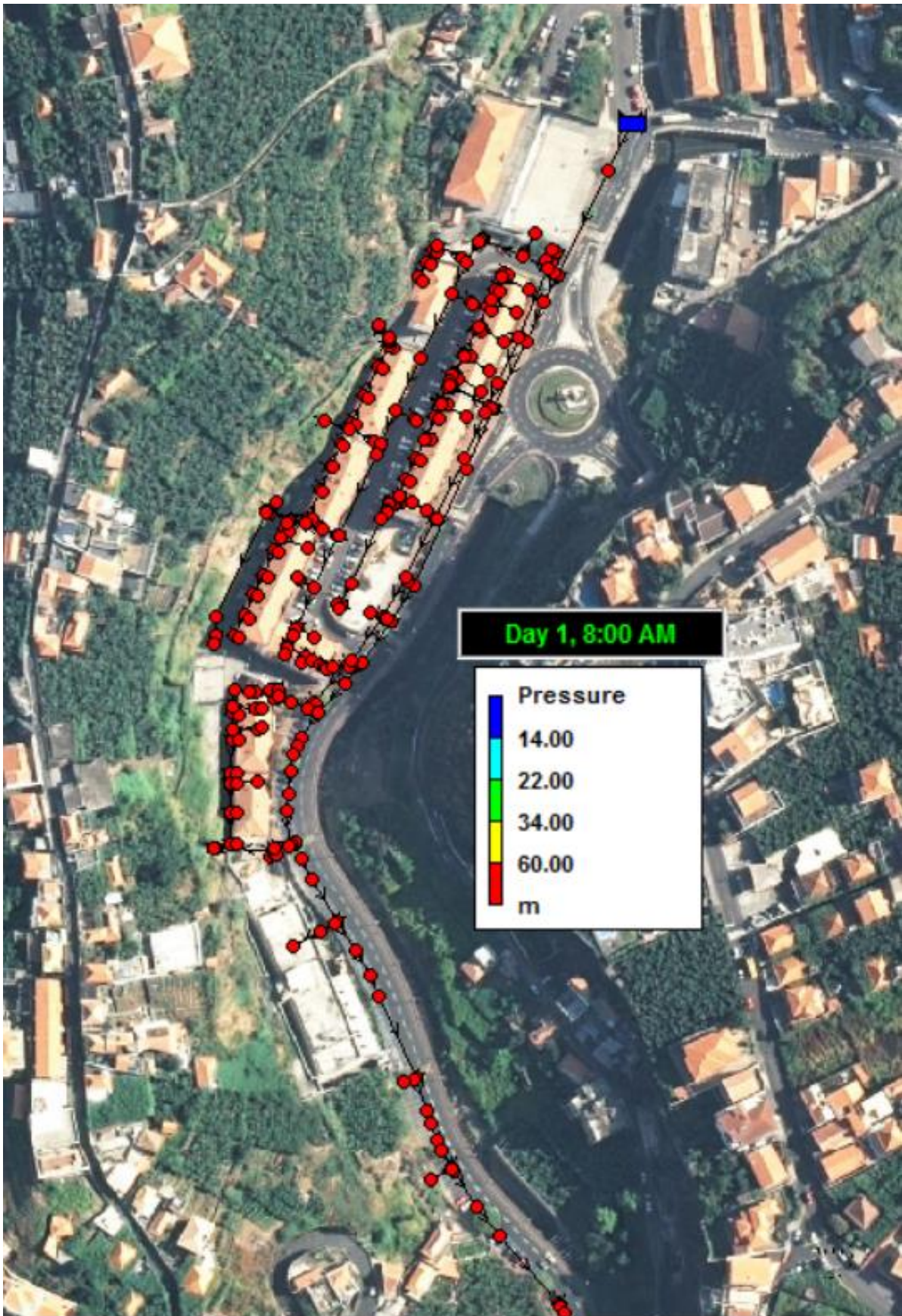


Figura 51 - Distribuição espacial das pressões à hora de maior consumo (08:00) no modelo base

Posteriormente analisam-se as velocidades verificadas ao longo das tubagens, neste modelo base, sendo essencial referir que, esta análise de velocidades será realizada para os caudais de ponta instantâneos, e não para os caudais de ponta no horizonte de projeto da infraestrutura, como sugere o regulamento vigente, sendo, portanto, uma análise meramente indicativa e de observação possível na Figura 52.

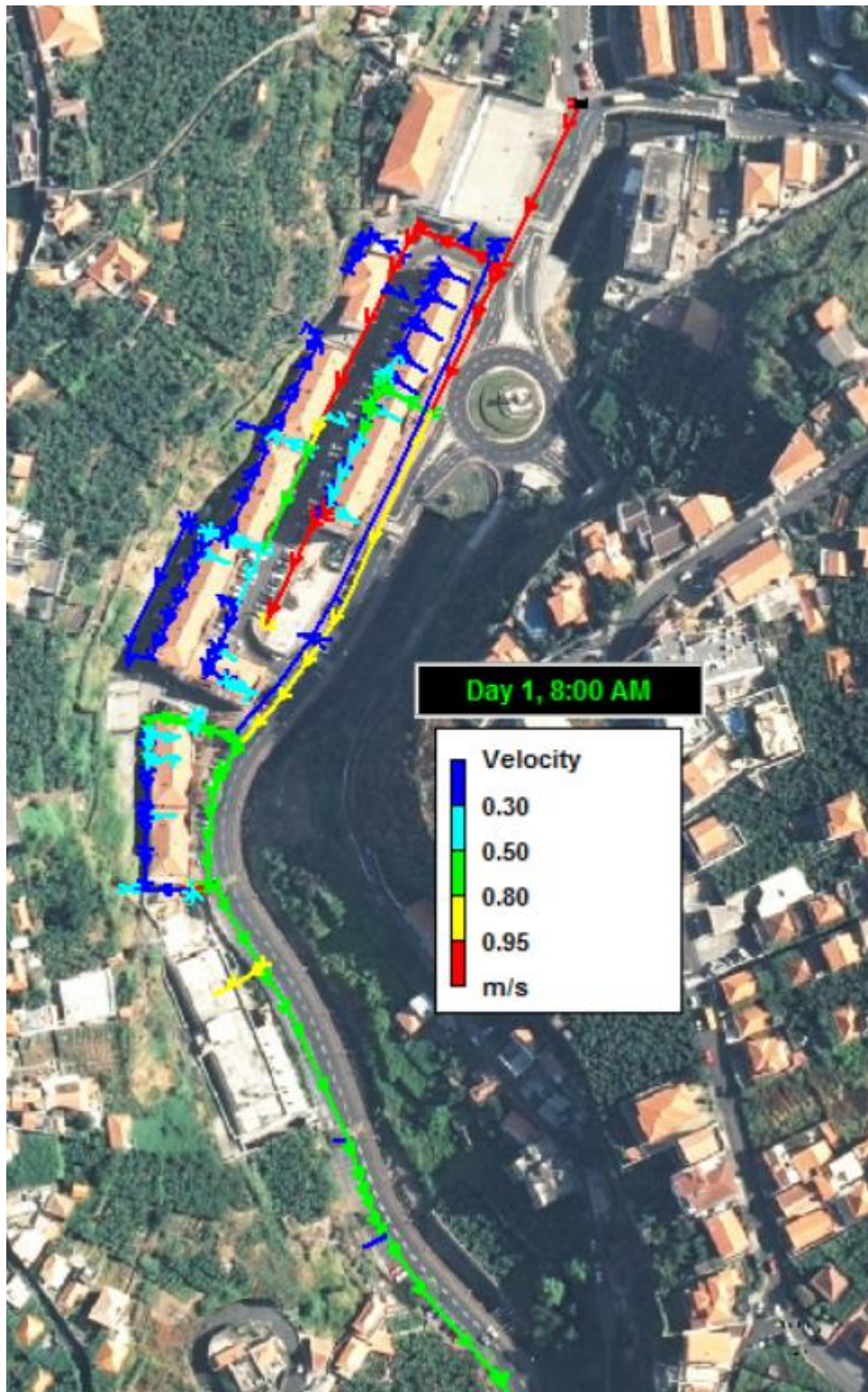


Figura 52 - Distribuição espacial das velocidades à hora de maior consumo (08:00) no modelo base

Assim sendo, considerou-se o Artigo 21º do RGSPDADAR que enuncia que a velocidade mínima para o caudal de ponta toma o valor de 0.3 m/s, e que a velocidade máxima em m/s é calculada através da equação 17.

- **Velocidade máxima (m/s)**

$$v_{max} = 0.127 \times D_i^{0.4} \tag{eq.17}$$

Em que:

D_i - diâmetro interno da tubagem em mm.

Só se analisam as velocidades para a hora de maior consumo, uma vez que nas horas de menor solicitação à infraestrutura de distribuição, as velocidades serão sempre inferiores às verificadas nas horas de ponta.

Exportaram-se os valores das velocidades de todas as condutas, à exceção das condutas destinadas ao combate a incêndios, devido ao fato de as mesmas estarem fechadas uma vez que se admite a não simultaneidade com os outros consumos, logo a velocidade nestas tubagens, nesta análise, é nula.

Numa análise aos resultados, de consulta possível no Anexo 13, verificou-se que em 20.0 % das condutas distribuidoras, a velocidade verificada para o caudal de ponta, é superior ao recomendado pela legislação em vigor.

A fase seguinte consiste em analisar os diâmetros existentes na rede e compará-los aos diâmetros mínimos legislados.

Os diâmetros mínimos serão analisados em função do tipo de conduta, uma vez que para as diferentes funções que as mesmas podem desempenhar no sistema, o diâmetro mínimo também varia consoante.

Assim sendo catalogaram-se as condutas nas classes de tubagens distribuidoras, ramais de ligação ou tubagens destinadas ao combate a incêndios.



Figura 53 - Distribuição espacial dos diâmetros das tubagens da rede de distribuição

Partindo do pressuposto que a zona de abastecimento em análise, como já foi abordado anteriormente, assegura o fornecimento de água a uma população de 5000.0 consumidores, o Artigo 23º do RGSPDADAR define para as condutas distribuidoras um diâmetro mínimo de 60.0 mm, no entanto como o serviço de combate a incêndios é assegurado pela rede pública, através da conduta principal no nosso modelo, o seu diâmetro nominal mínimo toma o valor de 100.0 mm.

As condutas distribuidoras na Figura 53 estão representadas pela cor vermelha (conduta principal com diâmetro nominal de 160.0 mm) e pela cor verde (conduta secundária com um diâmetro nominal de 90.0 mm) logo superiores ao mínimo regulamentado.

Os ramais de ligação, de acordo com o RGSPDADAR, devem ter um diâmetro mínimo de 20.0 mm, sendo naturalmente os diâmetros mais pequenos de todo o sistema de abastecimento público, como o diâmetro nominal mais pequeno, de acordo com as plantas, tem o diâmetro de 25.0 mm, também os diâmetros mínimos para os ramais de ligação são cumpridos.

Restam as tubagens reservadas para o combate a incêndios, a serem avaliadas de acordo com o Artigo 56º do RGSPDADAR, que define os diâmetros mínimos para os ramais de alimentação de hidrantes.

De acordo com o regulamento os diâmetros nominais mínimos dos ramais de alimentação de hidrantes são de 45.0 mm para bocas de incêndios e de 90.0 mm para marcos de água.

No decurso deste estudo verificou-se que as infraestruturas destinadas ao combate de incêndios na Avenida da Nova Cidade são três marcos de água. O ramal de alimentação do primeiro situa-se na entrada norte do arruamento secundário, representada no modelo pela conduta 59, o segundo em frente ao supermercado, representado pela conduta 58 e o terceiro situa-se junto ao centro de saúde, representado pela conduta 65.

Todos os ramais de alimentação destes marcos de água têm 90.0 mm portanto verificam o diâmetro nominal mínimo regulamentar.

Na análise deste modelo base verificou-se a existência de algumas situações que terão de ser corrigidas, para adequar esta simulação à regulamentação em vigor, nomeadamente em termos de pressões e velocidades limites.

Isto dever-se-á ao facto de se estar a analisar um caso particular de uma rede de distribuição muito extensa, e de se ter modelado o ponto de energia imediatamente a montante do início do arruamento em estudo, desconsiderando toda a rede que se encontra entre, o ponto mais a montante do arruamento e o reservatório de serviço, e que, devido à existência de inúmeros órgãos de distribuição, regulação, manobra e segurança, a montante do arruamento em estudo, iriam alterar as condições hidráulicas de entrada no sistema em análise.

Para contornar esta situação, realizaram-se algumas alterações ao modelo base, de modo a enquadrarmos corretamente o sistema em análise com o regulamento em vigor.

4.10. Alterações ao Modelo Base

Para se realizar o enquadramento legal do sistema de distribuição em análise, iremos fazer uso dos órgãos de regulação, manobra e segurança ao nosso dispor no EPANET de modo a

tentarmos adequar as pressões verificadas, e iremos reavaliar as opções dos diâmetros internos adotados de modo a reduzir-se, dentro do possível, as velocidades excessivas verificadas, uma vez que ao aumentar-se o mesmo, reduzem-se as velocidades verificadas.

Começou-se por modelar uma válvula redutora de pressão a montante do arruamento em questão, de modo a fixar-se a pressão de entrada num valor cabimentado pelo regulamento.

Para tal consultou-se um catálogo de um fornecedor de nível mundial deste tipo de componentes, de modo a saberem-se os diâmetros disponíveis e assim escolher-se o mais adequado procurando manter sempre os diâmetros o mais uniforme possíveis, as características deste tipo de válvulas encontram-se expostas na Tabela 35.

Tabela 35 - Características da válvula a modelar (CLA-VAL, 2016)

Nome da Válvula		90-01								
Diâmetro (mm)		25	32	40	50	65	80	100	150	200
Caudal (L/s)	Máximo	3.5	6	8	13	19	29	50	113	195
	Máximo intermitente	4.3	7.6	10	16	23	37	62	142	246
	Mínimo	0.03	0.03	0.03	0.06	0.09	0.13	0.25	0.63	0.95

Para se selecionar a válvula mais adequada, consultou-se a variação diária do caudal instantâneo, da conduta mais a montante, denominada conduta “127” visto ser esta a mais solicitada, de modo a realizar-se uma escolha do diâmetro da mesma, com base nos caudais máximos e mínimos observados na Tabela 35, e tentando manter alguma conformidade com o diâmetro nominal da conduta em questão.

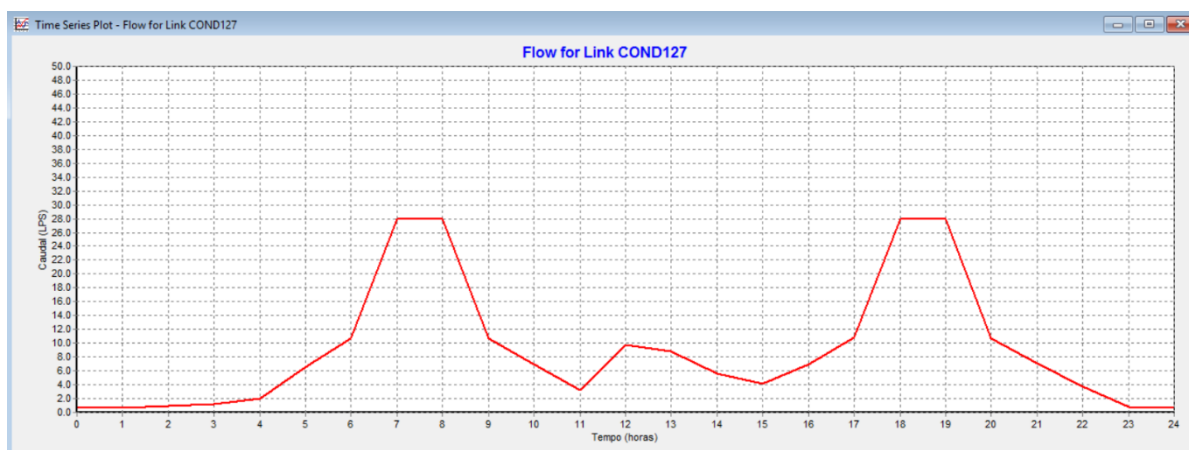


Figura 54 - Variação diária do caudal instantâneo da conduta mais solicitada

A variação supramencionada está ilustrada na Figura 54, onde se pode observar que o caudal mínimo toma o valor de 0.65 L/s e o valor máximo de 27.93 L/s nas horas de ponta. Assim sendo optou-se por modelar uma válvula redutora de pressão com o diâmetro de 150.0 mm.

Devido ao facto de o EPANET não permitir a ligação direta de válvulas aos reservatórios, criou-se um nó intermédio com uma cota altimétrica igual á do início do arruamento, a partir do qual se realizou a ligação do reservatório de serviço à válvula através de uma tubagem fictícia, a jusante deste ponto intermédio inseriu-se a válvula redutora de pressão, denominada de PRV, e ligou-se a mesma ao nó “179”, que é ponto mais a montante da rede em estudo. A modelação anteriormente descrita encontra-se retratada na Figura 55.

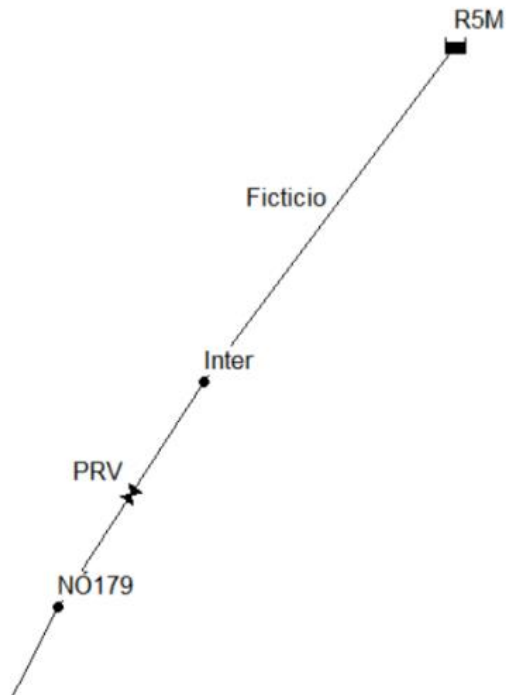


Figura 55 - Esquema da modelação da válvula de redução de pressão no arruamento em estudo

O passo seguinte passou pela edição das propriedades da válvula, de observação possível na Figura 56, nomeadamente no que diz respeito ao seu diâmetro, na linha denominada “Diameter”, e o enquadramento de pressão que o projetista quer que se verifique a jusante desta, na linha denominada “Setting”.

Adotou-se nesta fase, uma pressão mínima conservativa para o arruamento de 34 m.c.a. calculada através da equação 16, equivalente a um edifício de 6 pisos e suficiente para realizar o abastecimento em altura de todos os empreendimentos ao longo do desenvolvimento do arruamento.

Property	Value
*Valve ID	PRV
*Start Node	Inter
*End Node	NÓ179
Description	
Tag	
*Diameter	150
*Type	PRV
*Setting	35
Loss Coeff	0

Figura 56 - Edição das propriedades da válvula a modelar

A definição da pressão a jusante da válvula redutora de pressão foi realizada tendo em consideração as pressões máximas e mínimas regulamentares, e as análises que levaram à adoção do valor encontram-se nas Figura 57, Figura 58 e Figura 59.

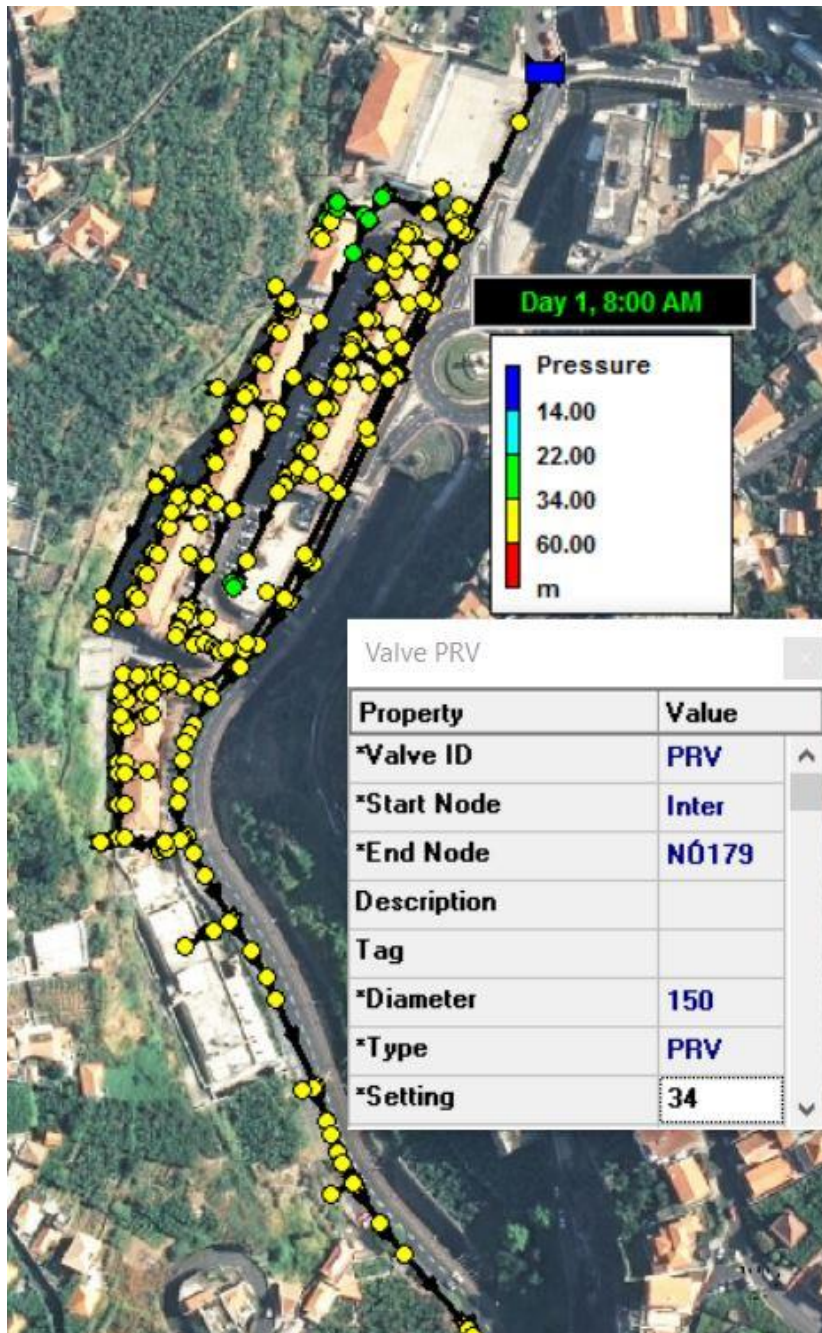


Figura 57 - Análise de pressões ao modelo base + 1 PRV após a definição da pressão de 34 m.c.a. como pressão de montante do arruamento

Como podemos observar na Figura 57, com a definição da pressão mínima adotada de 34 m.c.a. na PRV de montante, à hora de ponta existem pressões inferiores à mínima representada pelos nós de cor verde, logo este valor não pode ser adotado.

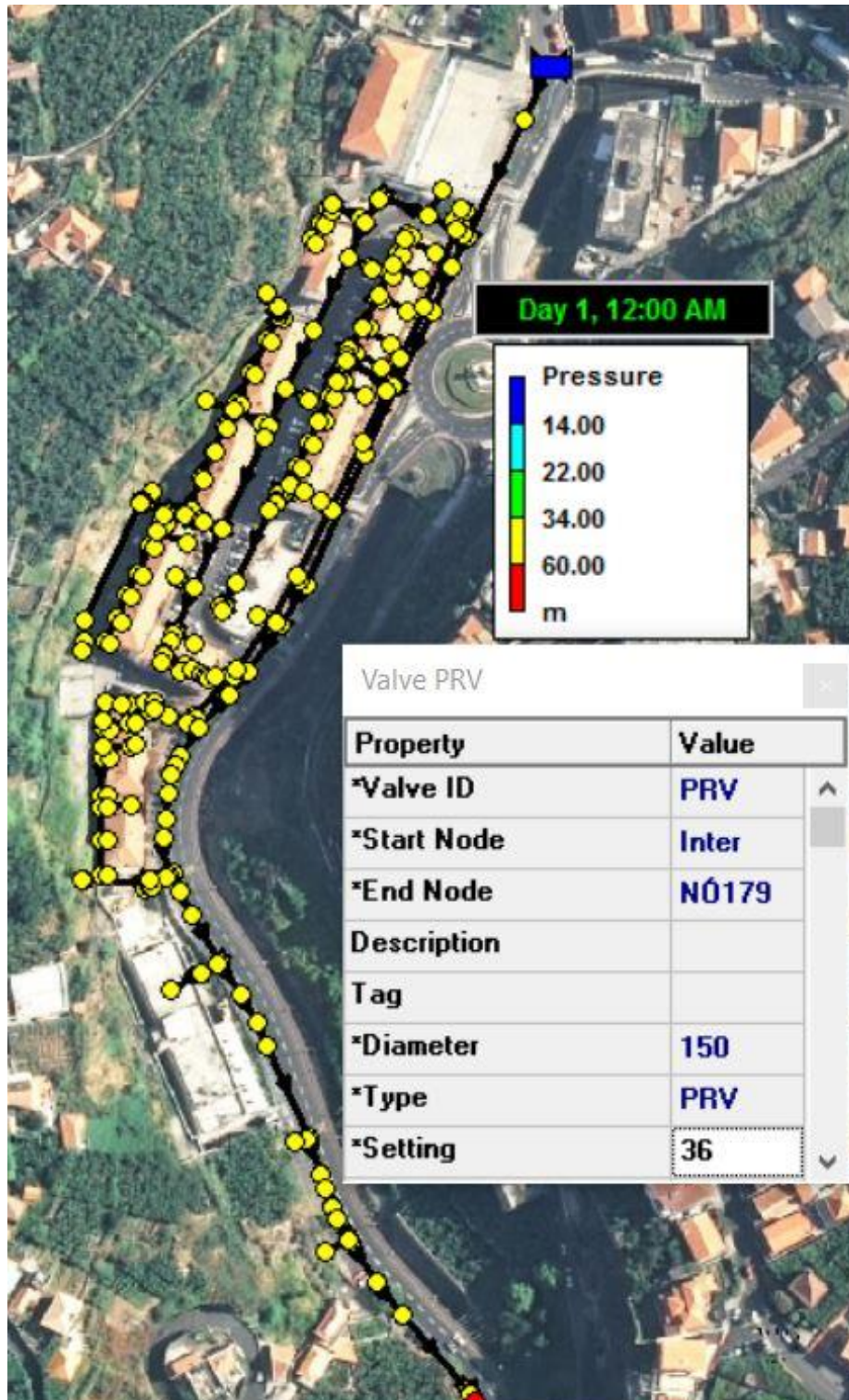


Figura 58 - Análise de pressões ao modelo base + 1 PRV após a definição da pressão de 36 m.c.a. como pressão de montante do arruamento

Com a definição da pressão de 36 m.c.a. na PRV de montante, à hora de ponta as pressões são regulamentarmente aceitáveis, mas o problema verifica-se nas horas com menor solicitação, altura em que as pressões a jusante do arruamento ultrapassam a pressão máxima regulamentar de 60 m.c.a., como se pode verificar pelo nó a vermelho na Figura 58.



Figura 59 - Distribuição espacial das pressões à hora de maior consumo (08:00) no modelo alterado com uma PRV definida para a pressão de 35 m.c.a.

Assim sendo adotou-se o valor de 35 m.c.a. como valor da pressão a montante do arruamento uma vez que todo o sistema fica enquadrado legislativamente em termos de pressões máximas para as horas do dia com menores solicitações e tem termos de pressões mínimas durante as horas de ponta, como podemos observar na Figura 59.

Posteriormente retiraram-se os valores das pressões de entrada nos empreendimentos podem ser observados na Tabela 36 e foram retirados do Anexo 14 com os resultados do Modelo base com uma PRV.

Tabela 36 - Pressões mínimas ao nível do solo e pressões verificadas nos nós de entrada para as diferentes infraestruturas para a hora de ponta no Modelo base + 1 PRV (08:00)

Nome da Infraestrutura	Tipo de Consumo	Nó de Entrada	Nº Pisos servidos (acima do solo)	Pressão mínima (m.c.a)	Pressão verificada (m.c.a)	Verificação	Excesso de Pressão (m.c.a)
Bloco A	Habitacional	252	5	30	48.49	OK	18.49
Bloco B	Habitacional	142	5	30	46.05	OK	16.05
Bloco C	Habitacional	35	5	30	40.39	OK	10.39
Bloco D	Comercial	216	1	14	39.37	OK	25.37
	Habitacional	153	5	30	39.91	OK	9.91
Bloco E	Habitacional	121	5	30	39.15	OK	9.15
Bloco F	Habitacional	124	5	30	37.80	OK	7.80
Bloco G	Comercial	141	1	14	40.28	OK	26.28
	Habitacional	152	5	30	37.24	OK	7.24
Bloco H	Comercial	139	1	14	40.28	OK	26.28
	Habitacional	285	5	30	35.64	OK	5.64
Bloco I	Habitacional	154	5	30	34.93	OK	4.93
Escola Primária	Particular	105	3	22	36.57	OK	14.57
Centro de saúde e Lar de Idosos	Particular	273	5	30	49.68	OK	19.68
				Média	43.52		14.41

Apenas com a modelação da PRV anterior conseguiu-se enquadrar regulamentarmente, em termos de pressões, todo o sistema, como se pode observar pelos resultados obtidos na Tabela 36 e ilustrados na Figura 59.

Embora a gama de pressões verificada seja suficiente para a verificação da pressão mínima e máxima em todos os empreendimentos, existem ainda alguns excessos de pressão desnecessários e contraproducentes ao bom funcionamento hidráulico do sistema predial de distribuição.

Para se tentar minimizar os desgastes nas tubagens adutoras, modelaram-se novas válvulas redutoras de pressão ao longo da rede, procurando adequar a pressão de entrada ao número de pisos a servir, procurou-se também uma redução da pressão média de entrada nas derivações privadas, para com isso se garantir uma melhor sustentabilidade económica, eficiência e rendimento global dos sistemas prediais a longo prazo.

Como se pode observar pela Tabela 36, existem dois pontos de entrada cujo diferencial para a pressão de análise regista o maior diferencial de pressão à entrada, são eles o ramal de ligação que alimenta os estabelecimentos comerciais do Bloco G e o ramal de ligação com a

mesma função, mas para o Bloco H. A ilustração exemplificativa da modelação destes órgãos encontra-se na Figura 60.

Assim sendo, modelaram-se as válvulas redutoras de pressão à entrada destes respetivos ramais, com um diâmetro de 50.0 mm e definiu-se a pressão a jusante destas para o valor de 14.0 m.c.a., valor igual à pressão mínima necessária de 14.0 m.c.a para os estabelecimentos comerciais situados no R/C.

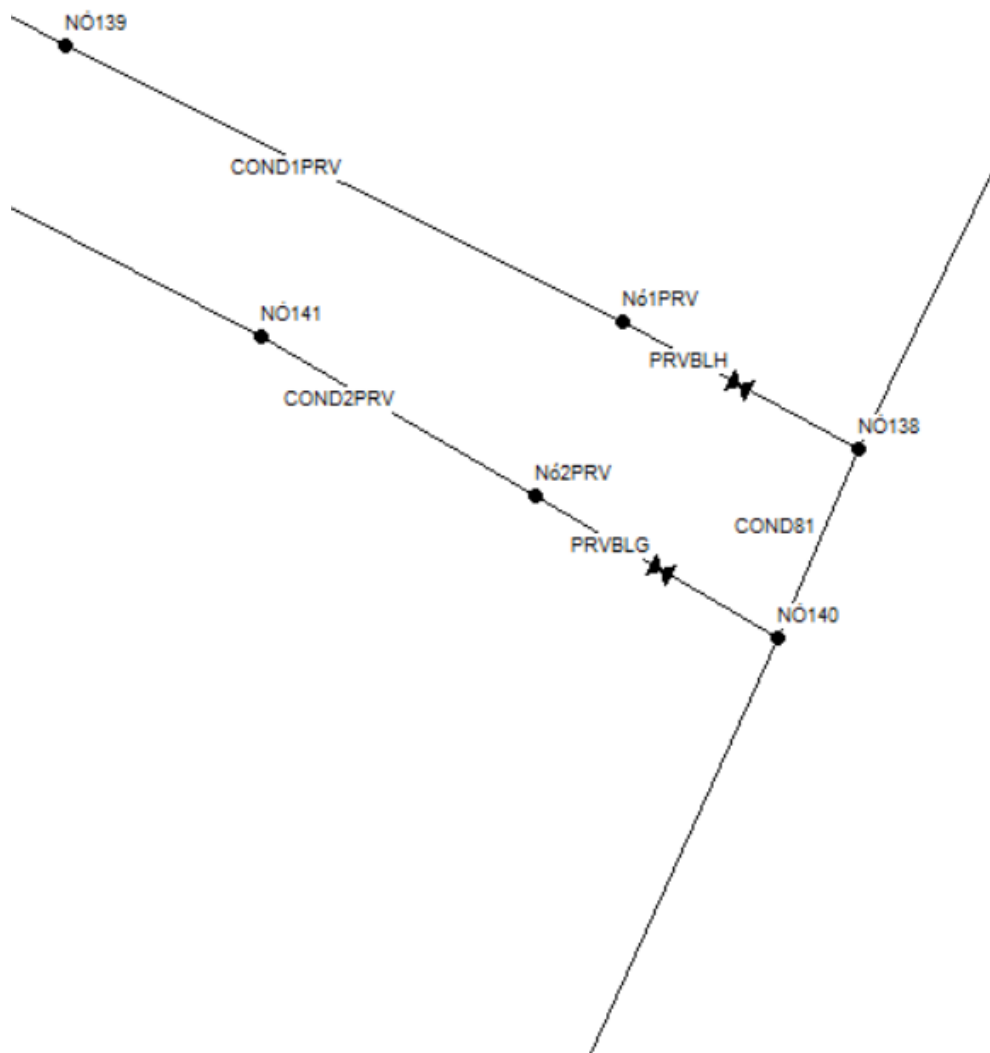


Figura 60 - Modelação das PRV à entrada para os estabelecimentos comerciais do Bloco G e H

Seguindo o exemplo ilustrado na Figura 60, inseriram-se no modelo digital 16 novas válvulas redutoras de pressão com as especificações expostas na Tabela 37.

Estas foram inseridas à entrada dos empreendimentos a servir por ser o ponto de transição entre a rede geral de distribuição e a rede predial, as especificações adotadas encontram-se na Tabela 37.

Tabela 37 - Especificações técnicas das novas PRV inseridas no modelo

Especificações hidráulicas das novas PRV					
Designação da PRV	Diâmetro (mm)	Empreendimento	Nº Pisos servidos (acima do solo)	Pressão mínima (m.c.a)	Pressão definida (m.c.a)
BL-A	25	Bloco A	5	30	30
BL-B	50	Bloco B	5	30	30
BL-C	80	Bloco C	5	30	30
BL-D-R/C	50	Bloco D (Comercial)	1	14	14
BL-D-H	80	Bloco D (Habitacional)	5	30	30
BL-E	50	Bloco E	5	30	30
BL-F	50	Bloco F	5	30	30
BL-G-R/C	50	Bloco G (Comercial)	1	14	14
BL-G-H	80	Bloco G (Habitacional)	5	30	30
BL-H-R/C	50	Bloco H (Comercial)	1	14	14
BL-H-H	80	Bloco H (Habitacional)	5	30	30
CSLI1	32	Centro de saúde e Lar de Idosos	5	30	30
CSLI2	25	Centro de saúde e Lar de Idosos	5	30	30
ESC1	25	Escola primária	3	22	22
ESC2	25	Escola primária	3	22	22
SUPER	50	Supermercado	1	14	14

Posteriormente à modelação de novas válvulas redutoras de pressão ao longo do sistema, retiraram-se novamente os valores da pressão nos nós de entrada dos empreendimentos, dados expostos na Tabela 38 e retirados da tabela do Anexo 15.

Pode-se facilmente observar na Tabela 38 que já não existem grandes excessos de pressão à entrada dos empreendimentos, e que a pressão média de entrada sofreu uma redução de 35.4 % em relação ao modelo constituído por uma única PRV a montante, esta redução na pressão de entrada será traduzida num melhor funcionamento técnico da infraestrutura permitindo uma redução de custos de manutenção devido ao desgaste e roturas de condutas e com isso conduzindo a um aumento da sustentabilidade económica da rede geral e predial de distribuição.

Tabela 38 - Pressões mínimas ao nível do solo e pressões verificadas nos nós de entrada para a hora de ponta (08:00) após a modelação de novas PRV

Nome da Infraestrutura	Tipo de Consumo	Nó de Entrada	Nº Pisos servidos (acima do solo)	Pressão mínima (m.c.a)	Pressão verificada (m.c.a)	Verificação	Excesso de Pressão (m.c.a)
Bloco A	Habitacional	252	5	30	30.11	OK	0.11
Bloco B	Habitacional	142	5	30	30.08	OK	0.08
Bloco C	Habitacional	156	5	30	30.06	OK	0.06
Bloco D	Comercial	216	1	14	14.02	OK	0.02
	Habitacional	153	5	34	30.12	OK	0.12
Bloco E	Habitacional	121	5	30	30.32	OK	0.32
Bloco F	Habitacional	124	5	30	30.32	OK	0.32
Bloco G	Comercial	141	1	14	14.03	OK	0.03
	Habitacional	152	5	30	30.04	OK	0.04
Bloco H	Comercial	139	1	14	14.05	OK	0.05
	Habitacional	285	5	30	30.05	OK	0.05
Bloco I	Habitacional	107	5	30	30.11	OK	0.11
Escola Primária	Particular	105	3	22	22.2	OK	0.20
Centro de Saúde e Lar de Idosos	Particular	273	5	30	30.83	OK	0.83
				Média	28.18		0.17

Outro aspeto a se refinar, no âmbito da sustentabilidade do funcionamento do sistema, são os diâmetros internos escolhidos para a conduta principal, de modo a se tentar obter uma redução das velocidades excessivas verificadas nas tubagens do modelo base.

A gama de pressões verificada nesta fase já permite que se realize um aumento do diâmetro interno da conduta principal, desde que a pressão máxima de serviço da conduta adotada não seja inferior às pressões verificadas no modelo.

Assim sendo, aumentou-se o diâmetro interno da conduta principal para o valor de 150.6 mm, cuja pressão máxima de serviço se situa nos 600.0 kPa ou 60.0 m.c.a..

A nova distribuição espacial das velocidades pode ser observada na Figura 61, e os resultados encontram-se expostos no Anexo 16, onde se pode verificar que, com o aumento dos diâmetros internos da conduta principal, as condutas onde se confirmam velocidades excessivas situam-se na ordem dos 18.0 %, ou seja, com esta alteração ao modelo este parâmetro sofreu uma redução pouco significativa de 2.0 %.

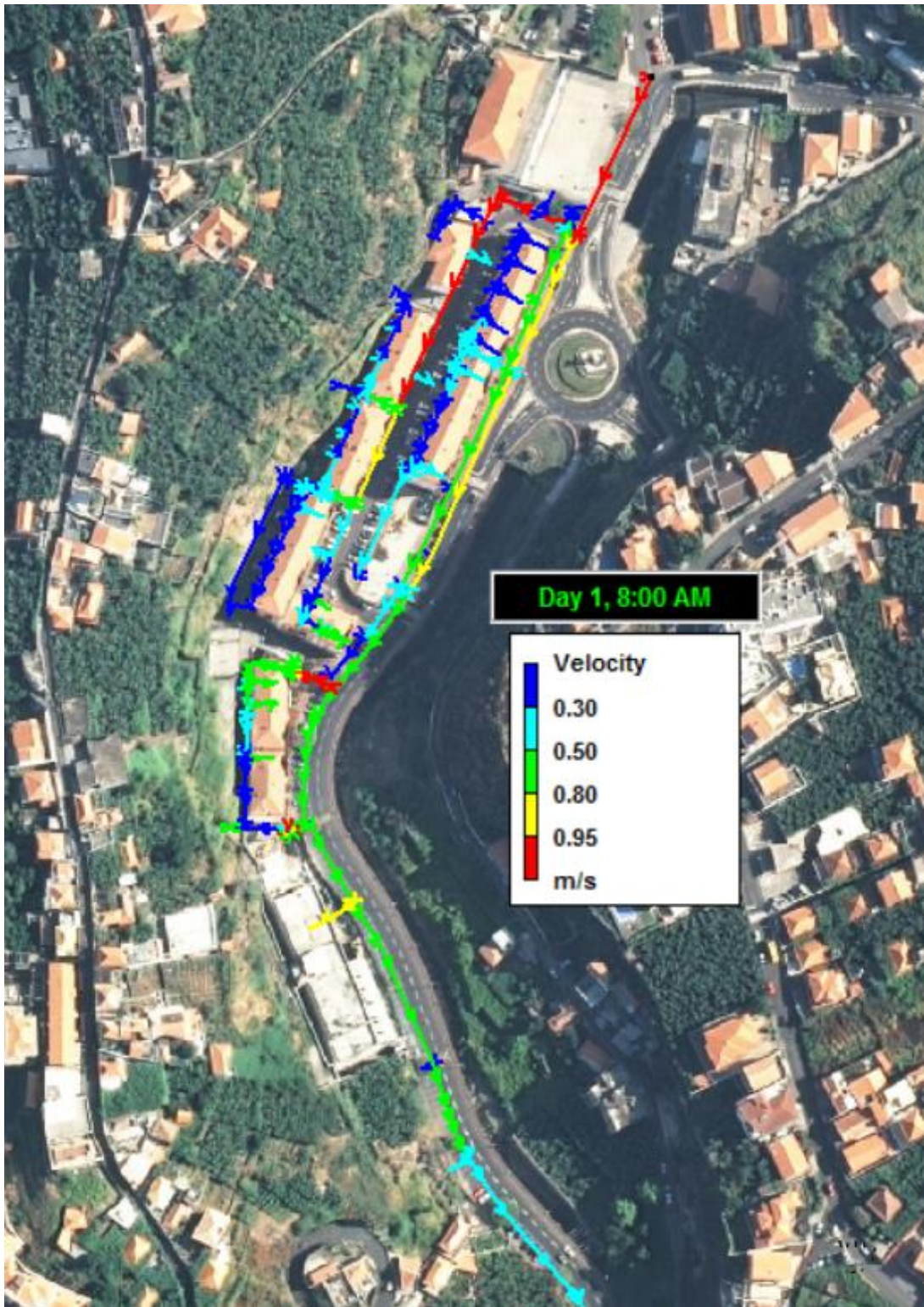


Figura 61 - Distribuição espacial das velocidades à hora de maior consumo (08:00) no modelo alterado

Para se analisar o que ocorre no sistema além das horas de ponta diárias, exportou-se do *software* a variação diária da velocidade instantânea, numa conduta em que se verificassem velocidades excessivas à hora de ponta, denominada de Conduta "128", cujos resultados podem ser observados na Figura 62 e os resultados encontram-se no Anexo 16.

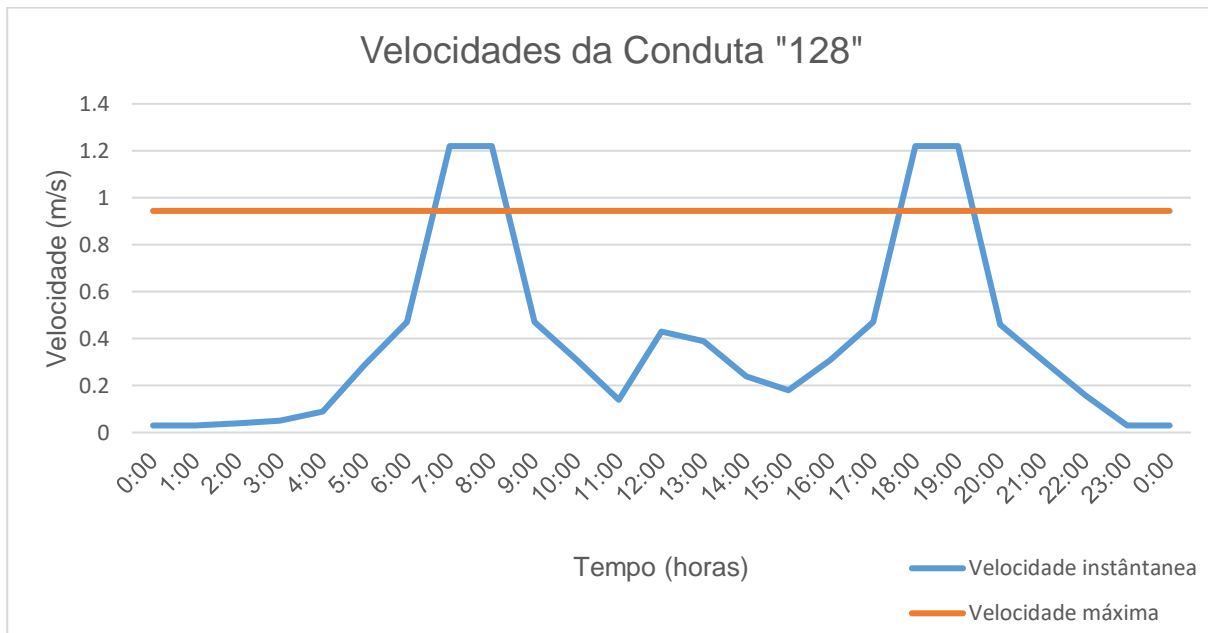


Figura 62 - Excedências horárias à velocidade instantânea máxima da Conduto “128”

Por observação da Figura 62, verificou-se que as excedências de velocidades apenas se verificam nas horas de ponta diárias, sendo que no restante dia, os valores obtidos cumprem os requisitos legislativos.

De referir ainda que a equação 17 deste estudo, e transcrita da legislação em vigor, refere que as velocidades não poderão ser ultrapassadas para o ano de horizonte do projeto, e como a tendência deste parâmetro hidráulico em redes é para aumentar com o passar do tempo devido ao crescimento populacional, será então natural a conclusão de que este problema só se irá intensificar no futuro.

4.11. Calibração de modelos

Nesta fase final, pode-se caracterizar o nosso modelo digital, como sendo uma representação fidedigna em termos físicos do sistema de distribuição em análise, mas pode ainda não ser uma representação aproximada do comportamento hidráulico verificado no sistema real.

Para que se realize a convergência entre esta representação digital física e o sistema físico real, pode fazer-se uso da capacidade deste *software* para a calibração do modelo digital através do cruzamento dos resultados devolvidos pelo modelo digital com resultados de medições realizadas no sistema físico real.

Naturalmente quanto maior o número de medições no sistema real, mais aproximado será o processo de calibração, sendo que esta pode ser realizada em função da pressão, velocidade, caudal, carga hidráulica, qualidade da água, e até de vários parâmetros simultaneamente (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

Para se introduzir os dados das medições no EPANET, cria-se numa primeira fase, um ficheiro de texto no Bloco de Notas, compilando os dados das medições obtidas do sistema de distribuição, para um dado parâmetro, com o evoluir do tempo. Este ficheiro irá fornecer ao

software os dados retirados das medições para que estes possam ser comparados aos dados resultantes de uma análise ao modelo digital (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

No caso de se querer realizar uma calibração em função de vários parâmetros, deve-se criar ficheiros separados para cada parâmetro.

Em relação ao ficheiro de texto, muito concisamente, em cada linha deste deve estar a informação acerca, da identificação da localização da medição (identificação do nó), do tempo em que a medição foi realizada (em horas) e do valor medido (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

O valor indicado nas medições de tempo tem que ter como referência, o tempo de início da simulação ao qual o ficheiro de medições será aplicado. Este pode estar em formato decimal ou no formato hora:minuto e no caso de se estar a realizar uma análise estática, este parâmetro toma sempre o valor de “0” (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

Podem ser adicionados comentários ao ficheiro de dados desde que precedidos de ponto e vírgula (;) e para uma série de dados retirados da mesma localização, esta não necessita de ser repetida (Rossman, Epanet 2 - Users manual, 2000).

Pode-se observar na Figura 63 um pequeno exemplo de um excerto de um ficheiro de calibração, em função da pressão, a ser inserido no *software* de modelação.

```

; Medições de pressão
; Nó      Tempo (horas)      Valor (m.c.a)
;-----
;  NÓ1      0:00      42.0
;           1:00      41.0
;           2:00      41.5
;  NÓ2      0:30      42.0
;           1:30      41.2
;           2:30      41.7

```

Figura 63 - Exemplo de um excerto de um ficheiro de calibração

Para se inserirem no *software* de modelação, os dados referentes às medições efetuadas, acede-se ao separador “*Project – Calibration Data*” que devolverá a janela de inserção dos ficheiros de dados, que pode ser observada na Figura 64.

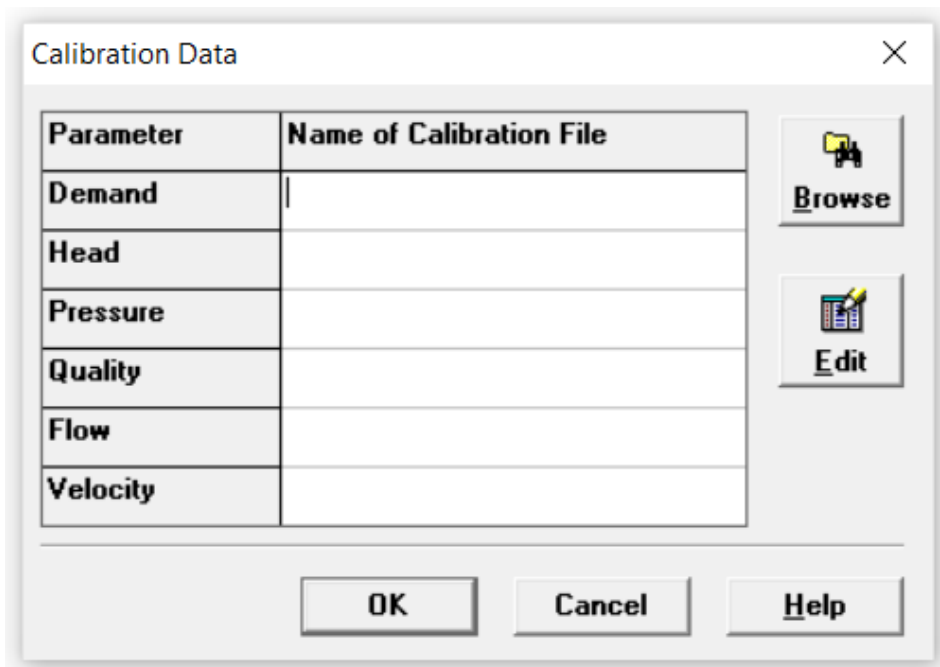


Figura 64 - Janela de inserção do ficheiro de dados de calibração

As medições destes parâmetros podem ser efetuadas através de instrumentos ou sensores adequados para o efeito, que caso atuassem em conjunto com “*dataloggers*”, que são instrumentos eletrónicos de gravação de dados ao longo do tempo, poderiam fornecer de uma assentada só, todos os parâmetros passíveis de serem medidos, em função do tempo da medição.

A regulação destes instrumentos é realizada pelo Artigo 51º presente no Anexo 4, e que dita que os mesmos devem ser instalados nas condutas de saída de reservatórios e estações elevatórias, órgãos inexistentes no sistema real em estudo, mas também nos ramais de introdução predial de todos os consumidores para efeitos de faturação.

No caso deste estudo, devido à falta de instrumentalização adequada, nomeadamente “*dataloggers*”, pessoal e tempo disponível, não se realizaram medições no sistema em análise, pelo que não foi possível realizar-se a calibração necessária, para realizar a aproximação da modelação digital ao comportamento do sistema físico real.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Os SADA são infraestruturas de Engenharia Civil responsáveis pela gestão e distribuição de um recurso essencial ao tecido urbano e ao desenvolvimento sustentável de todos os ecossistemas do planeta, assumindo com isso uma dimensão social fundamental, são sistemas tecnicamente complexos, condicionados pelas vertentes topográficas, pela localização das origens de água, pela dispersão espacial e flutuação temporal das solicitações, por serem compostas por um número de órgãos muito grande, por serem de execução complicada e demorada e por implicarem investimentos de capitais e recursos consideráveis.

Uma vez que os SADA são infraestruturas responsáveis pela gestão e distribuição de um recurso tão essencial ao desenvolvimento sustentável das populações, e com as desafiadoras previsões demográficas, é essencial que estes sistemas estejam sujeitos a critérios elevados de eficiência, que promovam a redução dos custos naturais, reduzindo as perdas verificadas nos mesmos e a redução dos custos de capital inicial e exploração, que atualmente se encontram em patamares considerados avultados, comprometendo a sustentabilidade económica destes sistemas vitais ao tecido urbano.

Devido à necessidade de se atingirem cada vez mais, pelas entidades concessionárias, patamares de eficiência e excelência superiores aos verificados no passado, todas as ferramentas que sejam capazes de agilizar todo o processo inerente à conceção e exploração destas infraestruturas serão bem-vindas e muito úteis neste mercado mundial da conceção e gestão de SADA.

Um dos processos mais morosos na conceção e exploração destes sistemas prende-se com o cálculo manual hidráulico necessário para se prever com uma exatidão aceitável, o comportamento do sistema, para com isso se poder realizar uma análise da viabilidade técnica e posteriormente da sua sustentabilidade económica da solução-base adotada.

Este processo de cálculo é caracterizado pela sua morosidade devido à enorme complexidade e extensão destas infraestruturas, devido ao número considerável de órgãos que as compõem e devido à formulação iterativa do modelo matemático envolvido na descrição das relações hidráulicas do sistema a analisar.

Isto conduzia no passado, quando a resolução das condições de equilíbrio hidráulico era manual, pelo método de *Hardy Cross*, que era o único viável para o cálculo manual, mas de modo a tornar todo o processo mais eficiente, se realizassem grandes simplificações no traçado da rede, considerando normalmente apenas um esqueleto geral da mesma, levando a que posteriormente os resultados obtidos não convergissem com os resultados verificados no sistema real, acabando por se comprometer os custos de exploração e manutenção, isto adicionado ao já avultado custo de conceção, conduzindo a uma sustentabilidade económica muito reduzida.

A possibilidade de se utilizarem *softwares* de simulação, que recorrem ao enorme poder de cálculo dos aparelhos eletrónicos do mercado mundial atual, torna todo o processo de cálculo das condições de equilíbrio hidráulicas numa tarefa muito mais acessível, tornando todo o processo de conceção e previsão de cenários de serviço numa fase mais acessível e eficiente, uma vez que permite que se poupe imenso tempo, outrora despendido na morosa tarefa de cálculo hidráulico, libertando o projetista para a vertente de previsão e análise técnica de cenários de funcionamento de serviço hidráulico.

Estes modelos digitais, ao reproduzirem, com uma margem de erro muito reduzida, o comportamento hidráulico do sistema físico que representam, permitem a realização de diagnósticos e otimizações mesmo com uma reduzida capacidade de monitorização direta do sistema físico real, conduzindo a custos de exploração mais reduzidos, mas são também um suporte essencial ao projetista na previsão de cenários e comportamentos de funcionamento de novos sistemas, que devido aos elevados custos que a infraestrutura em questão implica e a enorme variabilidade das condições operacionais e ambientais levam a que os problemas sejam minimizados.

Esta eficiência de cálculo permite que se ganhe versatilidade na previsão de comportamentos hidráulicos, uma vez que faculta a capacidade aos projetistas de se testarem diversas soluções de serviço analisando a viabilidade técnica de cada uma, numa fase pré-construtiva, conduzindo a uma redução de custos de investimento inicial.

Estes novos *softwares* permitem ainda que se analisem redes com um detalhe cada vez maior, considerando no seu cálculo todos os componentes do sistema real, sem simplificações, o que conduz a modelos capazes de devolverem resultados muito fiáveis e exatos, conduzindo a que as capacidades técnicas do projetista estejam focadas na análise dos resultados e previsão de cenários de serviço hidráulico, identificando todas as condicionantes ao seu correto funcionamento e aperfeiçoando este ainda numa fase precoce de conceção, permitindo baixar todos os custos futuros de exploração e manutenção.

A construção destes modelos é um processo acessível uma vez que apenas depende essencialmente do conjunto de dados recolhidos e do formato em que os mesmos se encontram, de modo a que se descrevam as características físicas do sistema, das suas solicitações e das suas condições operacionais.

No decorrer deste estudo iniciou-se a modelação através de um ficheiro em branco para onde se teve que importar manualmente a geometria, a altimetria e os pontos de energia hidráulica do sistema uma vez que não se teve acesso a um ficheiro digital que reuni-se todas estas características num ficheiro digital, o que ainda tornaria este processo mais eficiente.

As solicitações à rede foram determinadas em função do tipo de infraestrutura a alimentar para assim poder-se analisar o caso extremo de serviço, verificando se todas as infraestruturas estivessem habitadas ou em exploração, e com isso poder-se realizar análises ao sistema nas suas situações limites de serviço.

A importação para o programa das características físicas da rede representou a tarefa mais morosa devido à quantidade de componentes neste sistema de 2.0 km de extensão (cerca de 300.0 nós e 300.0 condutas), e refere-se à importação da geometria, diâmetros, materiais, altimetria e pontos de alimentação, mas posteriormente à conclusão desta tarefa ficou-se com um modelo base já passível de ser analisado hidráulicamente.

Posteriormente seguiu-se a fase de adequação da conformidade regulamentar do modelo base, onde através da inserção de órgãos de segurança e manobra, nomeadamente válvulas reductoras de pressão, se realizaram novas análises ao comportamento hidráulico do sistema ajustando iterativamente o valor da pressão a jusante da válvula de modo a que, para as horas de ponta, todo o sistema estivesse enquadrado legislativamente em termos de pressões de serviço máximas e mínimas, demonstrando a versatilidade e eficiência destes *softwares* na sua capacidade de análise de cenários de serviço.

Após todo o sistema estar enquadrado legislativamente em função de pressões, seguiu-se uma fase de alteração ao modelo base enquadrado de modo a se adequarem as pressões de

entrada nos empreendimentos particulares e com isso aumentar-se a fiabilidade dos mesmos. Este aspeto foi realizado com recurso a novas válvulas redutoras de pressão na transição entre a rede geral e a rede predial de distribuição, e conseguiu-se com a adição destes novos órgãos uma redução do excesso de pressão à entrada na ordem dos 92.3 % após algumas simulações para o ajuste do valor da pressão a jusante das válvulas.

Finalizando pode-se afirmar que a construção de modelos de simulação digital de SADA tornou-se num suporte essencial nas vertentes de planeamento e projeto, operação e gestão e manutenção e reabilitação devido à eficiência de cálculo das condições de equilíbrio e versatilidade na previsão de cenários de serviço, permitindo com isso uma redução de custos de investimento e manutenção, aumentando a sustentabilidade económica destes sistemas dispendiosos em termos de recursos e capital. Estes modelos tornaram-se então numa ferramenta fundamental para as entidades projetistas e exploradoras deste tipo de infraestruturas, que procuram uma rentabilidade máxima dos recursos investidos e um aperfeiçoamento constante da eficiência e excelência dos seus serviços.

BIBLIOGRAFIA

- Administration, U. F. (2008). *Water supply systems and evaluation methods - Volume I: Water supply system concepts*. FEMA.
- Águas e Resíduos da Madeira, S. (s.d.). *Mapa interativo dos sistemas adutores da ilha da Madeira*. Funchal: Águas e Resíduos da Madeira, S.A.
- Águas e Resíduos da Madeira, S. (s.d.). *O Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos e a Estação de Tratamento de Água do Covão*. Funchal: Águas e Resíduos da Madeira, S.A.
- Águas e Resíduos da Madeira, S. (s.d.). *Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos*. Funchal: Águas e Resíduos da Madeira, S.A.
- Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, M., & Vieira, P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da água, Laboratório Nacional de engenharia Civil.
- Alves, Z. d. (2012). *Modelação hidráulica de um sistema de distribuição de água - Aplicação a uma zona de Castelo Branco*. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- ARM DM, S. (8 de abril de 2016). *Distribuição aos municípios*. Obtido de Águas da Madeira: <http://www.aguasdmadeira.pt/Portals/0/Documentos/Instala%C3%A7%C3%B5es/ETA%20Cov%C3%A3o.pdf>
- ARM RC, S. (2014). *Relatório de Contas*. Funchal: Águas e Resíduos da Madeira.
- ARM Sistemas, S. (3 de abril de 2016). *Sistema de Fins Múltiplos dos Socorridos*. Obtido de Abastecimento aos municípios: <http://www.aguasdmadeira.pt/%C3%81guas/%C3%81guapot%C3%A1vel/Abastecimentoaosmunic%C3%ADpios.aspx#.VvqX8fkrKhc>
- Barbosa, J. P. (2002). *Apontamentos de hidráulica aplicada*. Porto: FEUP.
- CLA-VAL. (6 de maio de 2016). www.cla-val.com. Obtido de CLA-VAL: www.cla-val.com
- Coelho, S. T., Loureiro, D., & Alegre, H. (2006). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Covas, D., & Monteiro, J. A. (2008). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água - Parte 1 - Introdução*. Instituto Superior Técnico.
- Decreto Regulamentar nº23/95*. (1995). Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Engineers, U. A. (2001). *Operation and maintenance: Water supply systems*. U.S. Army Corps of Engineers.
- Gomes, R. J. (2011). *Modelação matemática como ferramenta de gestão e exploração de sistemas de distribuição*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Instituto de Gestão de Águas, S. (17 de março de 2016). *Estação de tratamento de águas do Covão*. Obtido de Águas da Madeira: <http://www.aguasdmadeira.pt/Portals/0/Documentos/Instala%C3%A7%C3%B5es/ETA%20Cov%C3%A3o.pdf>
- Investimentos e Gestão da Água, S. (s.d.). *Estação Sobrepressora e de Cloragem da Lourencinha*. Funchal: Investimentos e Gestão da Água, S.A.
- Investimentos e Gestão da Água, S. (s.d.). *Principais infra-estruturas hidráulicas do Sistema Regional de gestão e abastecimento de Água da RAM - Estação de tratamento de Água do Covão - Reservatório da ETA do Covão - Sistema Elevatório do Covão*. Funchal: Investimentos e Gestão da Água, S.A.
- Jesus, J. M. (2009). *Qualidade do serviço de abastecimento de água na Madeira - A percepção dos consumidores domésticos*. Coimbra: Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.
- Lencastre, A. (1983). *Hidráulica geral*. Hidroprojeto.

- Lobos, C. M. (30 de junho de 2016). *GOVERNO ADQUIRE IMÓVEL PARA CENTRO DE SAÚDE*. Obtido de www.cm-camaradelobos.pt: <http://www.cm-camaradelobos.pt/Default.aspx?ID=1078&Action=1&NewsId=992&M=NewsV2&PID=7438#.V3PvJrgrKhc>
- Lousada, S. A. (2014). *Hidráulica Urbana - Apontamentos Teóricos*. Madeira: Universidade da Madeira.
- Lousada, S. A. (s.d.). *Hidráulica - Apontamentos Teóricos*.
- Martins, J. A., & Netto, J. A. (s.d.). *A aplicação do método de Hardy Cross*. São Paulo.
- Martins, N. M. (2010). *Abastecimento de água e saneamento de águas residuais*. Instituto superior de Engenharia de Lisboa.
- Martins, T. J. (2014). *Sistemas de abastecimento de água para consumo humano - Desenvolvimento e aplicação da ferramenta informática para a sua gestão integrada*. Bragança: Instituto politécnico de Bragança - Escola superior agrária.
- NASA. (2000). *The Shuttle Radar Topography Mission*. Pasadena, California: California Institute of Technology.
- Newbold, J. R. (27 de Janeiro de 2009). Comparison and simulation of a water distribution network in EPANET and a new generic graph trace analysis based model. Virginia, Blacksburg, EUA: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Nouiri, D. I. (15 de março de 2016). *WatNET Software*. Obtido de <https://sites.google.com/site/drissamnouiri/watnet-software>: <https://sites.google.com/site/drissamnouiri/watnet-software>
- Olaia, A. I. (2012). *Gestão de sistemas de abastecimento de água através de modelação hidráulica*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Oliveira Sousa, J. J., & Sá Marques, J. A. (2007). *Hidráulica Urbana, Sistemas de Abastecimento de Água*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Pinto, A. A. (2009). *Gestão e monitorização do sistema público de distribuição de água de Fafe - Cumieira*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Departamento de Engenharias.
- Pinto, T. M. (2010). *Modelação e Calibração de um Sistema de Abastecimento de Água*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- PORDATA, B. d. (16 de março de 2016). *PORDATA*. Obtido de Base de dados de Portugal Contemporâneo: <http://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- Rossman, L. (2000). *Epanet 2 - Users manual*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory.
- Rossman, L. (2001). *DXF-To-EPANET File Conversion Tool*. Cincinnati, Ohio: US Environmental Protection Agency.
- Schmid, R. (2002). *Review of modeling software for piped distribution networks*. Skat Foundation.
- Sousa, E. R. (2001). *01 (Vol. Constituição de sistemas)*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sousa, E. R. (2001). *02 (Vol. Sistemas de adução)*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sousa, E. R. (2001). *03 (Vol. Sistemas de distribuição)*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Stephenson, D. (1976). *Pipeline design for water engineers*. Elsevier Scientific Publishing.
- Stephenson, D. (1984). *Developments in water science*. Elsevier Scientific Publishing.
- Vilas-Boas, P. R. (2008). *Modelação de uma rede de distribuição de água*. Porto: FEUP.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela 39 - Vida útil média e horizontes de amortização e de projeto consideradas para obras ligadas à Engenharia Hidráulica (Sousa, 01, 2001)

TIPO DE OBRA	DURAÇÃO PROVÁVEL (anos)	PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)	HORIZONTE DE PROJETO (anos)
Compra de terrenos para grandes obras	-	80	-
Idem para outras obras	-	60	-
Grandes obras de engenharia civil (barragens, túneis, reservatórios, etc.)	80 - 100	50 - 60	50
Furos e poços de captação	50 - 60	30	20 - 30
Tomadas de água em rios	40 - 50	30	20 - 40
Grandes condutas adutoras	60 - 80	40 - 60	50
Estações de bombagem e outros edifícios	40 - 60	30	20 - 40
Grupos eletrobomba e outros equipamentos eletromecânicos	25 - 35	20 - 25	20 - 25
Reservatórios e torres de pressão	80 - 100	40 - 50	20 - 40
Condutas principais de água potável	50 - 100	30 - 40	30 - 40
Condutas de distribuição	30 - 40	30	Máxima expansão urbana
Instalações de tratamento (construção civil)	40 - 60	30	20 - 40
Instalações de abrandamento e outros tratamentos químicos	20 - 30	15	20 - 25

Anexo 2

Tabela 40 - Métodos para a estimativa da população futura de núcleos urbanos (Sousa, 01, 2001)

MÉTODO	EXPRESSIONÃO ANALÍTICA	SIGNIFICADO DOS PARÂMETROS	VALOR DAS CONSTANTES
GRÁFICO ARITMÉTICO	$\frac{dP}{dt} = k_a$	P - População t - tempo, em anos k _a - taxa de crescimento aritmético	$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$
GRÁFICO GEOMÉTRICO	$\frac{dP}{dt} = k_g \times P$	k _g - Taxa de crescimento geométrico	$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$
		k - Taxa (ou juro) de crescimento	$k = e^{\frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}} - 1$
TAXA DE CRESCIMENTO DECRESCENTE	$P_2 = P_1 \times (1 + k)^{(t_2 - t_1)}$	S - População de saturação k _d - Taxa de crescimento decrescente	$k_d = \frac{S - P_2}{S - P_1} \times \frac{t_2 - t_1}{t_2 - t_1}$
CURVA LOGÍSTICA	$\frac{dP}{dt} = k_d \times (S - P)$	censos em t = 0, t = t ₁ , t = t ₂ = 2 t ₁ m, b - constantes n - intervalo entre censos (n = t ₁) P ₀ - população para t = 0	$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$ $m = \frac{S - P_0}{P}$
RAZÃO E CORRELAÇÃO	$P = \frac{S}{1 + me^{bt}}$	P ₁ - pop. do centro urbano no último censo P _{1R} - população da região no último censo P - população do centro urbano a prever P _R - população da região prevista k _r - factor de correlação	$k_r = \frac{P_r}{P_{1R}}$

Anexo 3**Tabela 41 - Densidades populacionais**

Tipo de ocupação	Densidade populacional (nº habitantes/ha)
Áreas periféricas; casas isoladas; lotes grandes	25-70
Casas isoladas, lotes médios e pequenos	50-75
Casas geminadas, predominando 1 piso	75-100
Casas geminadas, predominando 2 pisos	100-150
Prédios de apartamentos (prédios baixos)	150-250
Prédios de apartamentos (prédios altos)	250-750
Áreas comerciais	50-100
Áreas industriais	25-100
Densidade global média	50-150

Anexo 4

5284

DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-B

N.º 194 — 23-8-1995

Grupo de pessoal	Nível	Área funcional	Carreira	Grau	Categoria	Número de lugares
Administrativo	-	Chefia	—	-	Chefe de repartição Chefe de secção	1 2
	3	Tesouraria	Tesoureiro	-	Tesoureiro	1
		Administração de pessoal; contabilidade; expediente e arquivo; património e economato, apoio administrativo; dactilografia; tarefas e responsabilidades inerentes às carreiras de controlador de trabalho e operador de registo de dados.	Oficial administrativo.	-	Oficial administrativo principal . . . Primeiro-oficial Segundo-oficial Terceiro-oficial	3 4 4 4
		2	Dactilografia e apoio administrativo	Escrutário-dactilógrafo.	-	Escrutário-dactilógrafo
	Operário	1	Conservação de estruturas de equipamentos de medida; limpeza de valas, matas e linhas de água.	Cantoneiro	-	Operário
Auxiliar	-	Fiscalização e vigilância nos domínios do ambiente, recursos naturais e património natural.	Guarda da natureza	-	Guarda da natureza especialista principal. Guarda da natureza especialista Guarda da natureza	2 5 (d) 18
		Acompanhamento de obras e fiscalização.	Fiscal de obras	-	Fiscal de obras	8
		Apoio técnico; tarefas auxiliares indiferenciadas.	Auxiliar técnico	-	Auxiliar técnico	(c) 3
	2	Condução e manutenção de viaturas ligeiras.	Motorista de ligeiros.	-	Motorista de ligeiros	(e) 10
	1	Ligações telefónicas	Telefonista	-	Telefonista	2
		Reprodução de documentos e trabalhos finais.	Operador de reprografia.	-	Operador de reprografia	2
		Serviços gerais	Auxiliar administrativo.	-	Auxiliar administrativo	5
-	Servente		-	Servente	(b) 1	

(a) Dois lugares a extinguir quando vagarem.
(b) Um lugar a extinguir quando vagar.
(c) Lugares a extinguir quando vagarem.
(d) Cinco lugares a extinguir quando vagarem.
(e) Quatro lugares a extinguir quando vagarem.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto

O Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto, veio actualizar a legislação existente em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, aprovando os princípios gerais a que devem obedecer a respectiva concepção, construção e exploração e prevendo que a regulamentação técnica

daqueles sistemas, bem como as respectivas normas de higiene e segurança seriam aprovadas por decreto regulamentar.

Atendendo ao leque de interessados na presente regulamentação, uns possuidores de formação técnica adequada outros como utentes dos sistemas, considerou-se oportuno concentrar num mesmo texto legislativo aqueles princípios gerais aprovados pelo Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto, privilegiando-se a segurança jurídica no acesso e consulta dessa regulamentação.

Ouvida a Associação Nacional de Municípios Portugueses;

Figura 65 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Assim:

Ao abrigo do disposto no artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto, e nos termos da alínea c) do artigo 202.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

Artigo 1.º

Aprovação

1 — É aprovado o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, que se publica em anexo ao presente diploma e dele faz parte integrante.

2 — Fazem ainda parte integrante do presente diploma os anexos I a XXIII ao Regulamento referido no número anterior.

Artigo 2.º

Entrada em vigor

1 — O presente Regulamento entra em vigor um ano após a data da sua publicação.

2 — As autarquias locais devem adaptar os seus regulamentos em conformidade com o regime constante do presente diploma, até à data prevista no número anterior.

Artigo 3.º

Norma revogatória

É revogada toda a legislação que contrarie o presente Regulamento, designadamente os regulamentos aprovados pelas Portarias n.ºs 10 367, de 14 de Abril de 1943, e 11 338, de 8 de Maio de 1946, na data da sua entrada em vigor.

Presidência do Conselho de Ministros, 10 de Abril de 1995.

Aníbal António Cavaco Silva — Luís Francisco Valente de Oliveira — Joaquim Martins Ferreira do Amaral — Adalberto Paulo da Fonseca Mendo — José Bernardo Veloso Falcão e Cunha — Maria Teresa Pinto Basto Gouveia.

Promulgado em 13 de Julho de 1995.

Publique-se.

O Presidente da República, MÁRIO SOARES.

Referendado em 17 de Julho de 1995.

O Primeiro-Ministro, *Aníbal António Cavaco Silva.*

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

TÍTULO I

Disposições gerais

CAPÍTULO I

Objecto e âmbito de aplicação

Artigo 1.º

Objecto

O presente Regulamento tem por objecto os sistemas de distribuição pública e predial de água e de drenagem pública e predial de

águas residuais, de forma que seja assegurado o seu bom funcionamento global, preservando-se a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes.

Artigo 2.º

Âmbito

O presente Regulamento aplica-se a todos os sistemas referidos no artigo anterior, sem prejuízo das normas específicas aplicáveis aos sistemas objecto de concessão.

Artigo 3.º

Princípios de gestão

1 — A gestão dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais deve ser preferencialmente conjunta.

2 — A entidade gestora deve assegurar o equilíbrio económico e financeiro do serviço, com um nível de atendimento adequado.

CAPÍTULO II

Simbologia e unidades

Artigo 4.º

Simbologia e unidades

1 — A simbologia dos sistemas públicos e prediais e a terminologia dos sistemas prediais de água a utilizar, enquanto não for aprovada a respectiva normalização portuguesa, é a indicada nos anexos I, II, III, VIII e XIII ao presente Regulamento.

2 — As unidades em que são expressas as diversas grandezas devem observar a legislação portuguesa.

TÍTULO II

Disposições gerais

CAPÍTULO I

Concepção dos sistemas

Artigo 5.º

Concepção geral

1 — A concepção dos sistemas de distribuição pública de água deve passar pela análise prévia das previsões do planeamento urbanístico e das características específicas dos aglomerados populacionais, nomeadamente sanitárias, e da forma como se vão abastecer as populações com água potável em quantidade suficiente e nas melhores condições de economia e ainda atender às necessidades de água para o combate a incêndios.

2 — As condições sanitárias dos aglomerados devem ser averiguadas tendo em atenção os dados existentes sobre doenças hídricas e sobre o estado das infra-estruturas locais de saneamento básico.

Artigo 6.º

Sistemas simplificados

1 — Em pequenos aglomerados populacionais, onde soluções completas de distribuição predial de água se tornem economicamente inviáveis, pode pôr-se em alternativa a adopção ou a manutenção de sistemas simplificados, tais como a distribuição por fontanários ou sistemas autónomos, salvaguardada a potabilidade da água.

2 — Enquanto não existirem disposições regulamentares específicas, a adopção de sistemas simplificados deve basear-se na experiência adquirida na sua aplicação em situações semelhantes.

Artigo 7.º

Concepção de novos sistemas

1 — Na concepção de novos sistemas de distribuição pública de água deve ser tida em conta a necessidade de garantir um serviço adequado, traduzido pela continuidade do fornecimento, garantia de pressões nos dispositivos de utilização prediais entre um mínimo de 100 kPa e um máximo de 600 kPa, estabilidade da superfície piezométrica e minimização de zonas de baixa velocidade.

2 — Quando o novo sistema se interligar num ou mais pontos com outro já existente, deve ser avaliado o impacto hidráulico e eventualmente estrutural sobre este último, por forma a evitar-se quebras significativas da sua eficiência.

Figura 66 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 8.º

Remodelação ou reabilitação de sistemas existentes

1 — Na remodelação ou reabilitação de sistemas existentes deve fazer-se a avaliação técnico-económica da obra, procurando a melhoria da sua eficiência sem originar um impacto hidráulico ou estrutural negativo nos sistemas envolventes.

2 — Na avaliação técnico-económica devem ser considerados também os custos sociais resultantes do prejuízo causado aos utentes, aos peões, ao trânsito automóvel e ao comércio.

CAPÍTULO II

Elementos de base para dimensionamento

Artigo 9.º

Cadastro do sistema existente

1 — Na elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água deve ter-se em consideração os elementos constantes dos respectivos cadastros.

2 — Os cadastros devem estar permanentemente actualizados e conter, no mínimo:

- a) A localização em planta das condutas, acessórios e instalações complementares, sobre carta topográfica a escala compreendida entre 1:500 e 1:2000, com implantação de todas as edificações e pontos importantes;
- b) As secções, profundidades, materiais e tipos de junta das condutas;
- c) A natureza do terreno e condições de assentamento;
- d) O estado de conservação das condutas e acessórios;
- e) A ficha individual para os ramais de ligação e outras instalações do sistema.

3 — Os cadastros podem existir sob a forma gráfica tradicional ou informatizados.

Artigo 10.º

Dados de exploração

Na elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água deve atender-se aos dados de exploração, nomeadamente os relativos aos macro e microconsumos, níveis nos reservatórios, pressões na rede, horas de funcionamento das estações elevatórias e de tratamento e indicadores de qualidade física, química e bacteriológica da água.

Artigo 11.º

Evolução populacional

1 — Na elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água é indispensável conhecer a situação demográfica actualizada da zona a servir, em termos de população residente e flutuante, e avaliar a sua evolução previsível.

2 — Devem ser consultados os dados de estudos existentes e os registos disponíveis, nomeadamente os recenseamentos populacionais, os recenseamentos eleitorais, a ocupação turística e os planos de desenvolvimento urbanístico.

Artigo 12.º

Capitações

1 — A elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água deve basear-se no conhecimento dos consumos de água, quando existam e sejam representativos, os quais podem ser obtidos a partir dos registos dos serviços de exploração dos sistemas existentes.

2 — Com base nos valores do consumo de água e da população obtém-se a capitação média anual actual e, a partir desta, estima-se a sua evolução previsível.

3 — Quando não se disponha de informação correcta dos consumos, os valores da capitação são estimados atendendo à dimensão e características do aglomerado, ao nível de vida da população e seus hábitos higiénicos e às condições climáticas locais.

Artigo 13.º

Consumos domésticos

As capitações na distribuição exclusivamente domiciliária não devem, qualquer que seja o horizonte de projecto, ser inferiores aos seguintes valores:

- a) 80 l/habitante/dia até 1000 habitantes;
- b) 100 l/habitante/dia de 1000 a 10 000 habitantes;

- c) 125 l/habitante/dia de 10 000 a 20 000 habitantes;
- d) 150 l/habitante/dia de 20 000 a 50 000 habitantes.
- e) 175 l/habitante/dia acima de 50 000 habitantes.

Artigo 14.º

Consumos comerciais

1 — As capitações correspondentes aos consumos comerciais e de serviços podem, na generalidade dos casos, ser incorporadas nos valores médios da capitação global.

2 — Em zonas com actividade comercial intensa pode admitir-se uma capitação da ordem dos 50 l/habitante/dia ou considerarem-se consumos localizados.

Artigo 15.º

Consumos industriais e similares

1 — Os consumos industriais caracterizam-se por grande aleatoriedade nas solicitações dos sistemas, devendo ser avaliados caso a caso e adicionados aos consumos domésticos.

2 — Consideram-se consumos assimiláveis aos industriais os correspondentes, entre outros, às unidades turísticas e hoteleiras e aos matadouros.

Artigo 16.º

Consumos públicos

1 — Os consumos públicos, tais como de fontanários, bebedouros, lavagem de arruamentos, rega de zonas verdes e limpeza de colectores, podem geralmente considerar-se incorporados nos valores médios de capitação global, variando entre 5 e 20 l/habitante/dia.

2 — Não se consideram consumos públicos os de estabelecimentos de saúde, ensino, militares, prisionais, bombeiros e instalações desportivas, que devem ser avaliados de acordo com as suas características.

Artigo 17.º

Fugas e perdas

As fugas de água nos sistemas devem ser avaliadas, não podendo, em caso algum, admitir-se um valor inferior a 10% do volume de água entrado no sistema.

Artigo 18.º

Volumes de água para combate a incêndios

1 — Os volumes de água para combate a incêndios são função do risco da sua ocorrência e propagação na zona em causa, à qual deve ser atribuído um dos seguintes graus:

- a) Grau 1 — zona urbana de risco mínimo de incêndio, devido à fraca implantação de edifícios, predominantemente do tipo familiar;
- b) Grau 2 — zona urbana de baixo grau de risco, constituída predominantemente por construções isoladas com um máximo de quatro pisos acima do solo;
- c) Grau 3 — zona urbana de moderado grau de risco, predominantemente constituída por construções com um máximo de dez pisos acima do solo, destinadas à habitação, eventualmente com algum comércio e pequena indústria;
- d) Grau 4 — zona urbana de considerável grau de risco, constituída por construções de mais de dez pisos, destinadas a habitação e serviços públicos, nomeadamente centros comerciais;
- e) Grau 5 — zona urbana de elevado grau de risco, caracterizada pela existência de construções antigas ou de ocupação essencialmente comercial e de actividade industrial que armazene, utilize ou produza materiais explosivos ou altamente inflamáveis.

2 — O caudal instantâneo a garantir para o combate a incêndios, em função do grau de risco, é de:

- a) 15 l/s — grau 1;
- b) 22,5 l/s — grau 2;
- c) 30 l/s — grau 3;
- d) 45 l/s — grau 4;
- e) A definir caso a caso — grau 5.

3 — Nas zonas onde não seja técnica ou economicamente possível assegurar os referidos caudais instantâneos através da rede pública, dimensionada para consumos normais, nomeadamente em pequenos aglomerados, deve providenciar-se para que haja reservas de água em locais adequados, que assegurem aqueles caudais conjuntamente com os caudais disponíveis na rede de distribuição existente.

Figura 67 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 19.º

Factores de ponta

1 — Na falta de elementos que permitam estabelecer factores de ponta instantâneos, devem usar-se, para os consumos domésticos ou outros que tenham uma variação assimilável à da população, os valores resultantes da expressão:

$$f = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}}$$

em que P é a população a servir.

2 — Os factores de ponta em redes de distribuição podem ser avaliados pelo gráfico do anexo VII.

3 — Para consumos especiais cuja variação não seja assimilável à da população residente, como os de zonas turísticas com pontas sazonais, os factores de ponta devem ser calculados à parte.

CAPÍTULO III

Rede de distribuição

SECÇÃO I

Condutas

Artigo 20.º

Caudais de cálculo

Nos sistemas de distribuição de água consideram-se os caudais diários médios anuais previstos no início da exploração do sistema e no ano de horizonte de projecto, afectados de um factor de ponta instantâneo, a que se adicionam os caudais de fugas e perdas.

Artigo 21.º

Dimensionamento hidráulico

1 — No dimensionamento hidráulico deve ter-se em conta a minimização dos custos, que deve ser conseguida através de uma combinação criteriosa de diâmetros, observando-se as seguintes regras:

- a) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no horizonte de projecto não deve exceder o valor calculado pela expressão:

$$V = 0,127 D^{0,4}$$

onde V é a velocidade limite (m/s) e D o diâmetro interno da tubagem (mm);

- b) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0,30 m/s e nas condutas onde não seja possível verificar este limite devem prever-se dispositivos adequados para descarga periódica;

- c) A pressão máxima, estática ou de serviço, em qualquer ponto de utilização não deve ultrapassar os 600 kPa medida ao nível do solo;

- d) Não é aceitável grande flutuação de pressões em cada nó do sistema, impondo-se uma variação máxima ao longo do dia de 300 kPa;

- e) A pressão de serviço em qualquer dispositivo de utilização predial para o caudal de ponta não deve ser, em regra, inferior a 100 kPa o que, na rede pública e ao nível do arruamento, corresponde aproximadamente a:

$$H = 100 + 40 n$$

onde H é a pressão mínima (kPa) e n o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo; em casos especiais, é aceitável uma redução daquela pressão mínima, a definir, caso a caso, em função das características do equipamento.

Artigo 22.º

Situações de incêndio

Nas situações de incêndio não é exigível qualquer limitação de velocidades nas condutas e admitem-se alturas piezométricas inferiores a 100 kPa.

Artigo 23.º

Diâmetros mínimos

1 — Os diâmetros nominais mínimos das condutas de distribuição são os seguintes:

- a) 60 mm em aglomerados com menos de 20 000 habitantes;
b) 80 mm em aglomerados com mais de 20 000 habitantes.

2 — Quando o serviço de combate a incêndios tenha de ser assegurado pela mesma rede pública, os diâmetros nominais mínimos das condutas são em função do risco da zona e devem ser:

- a) 80 mm — grau 1;
b) 90 mm — grau 2;
c) 100 mm — grau 3;
d) 125 mm — grau 4;
e) \geq 150 mm (a definir caso a caso) — grau 5.

Artigo 24.º

Implantação

1 — A implantação das condutas da rede de distribuição em arruamentos deve fazer-se em articulação com as restantes infra-estruturas e, sempre que possível, fora das faixas de rodagem.

2 — As condutas da rede de distribuição devem ser implantadas em ambos os lados dos arruamentos, podendo reduzir-se a um quando as condições técnico-económicas o aconselham, e nunca a uma distância inferior a 0,80 m dos limites das propriedades.

3 — A implantação das condutas deve ser feita num plano superior ao dos colectores de águas residuais e a uma distância não inferior a 1 m, de forma a garantir protecção eficaz contra possível contaminação, devendo ser adoptadas protecções especiais em caso de impossibilidade daquela disposição.

Artigo 25.º

Profundidade

1 — A profundidade de assentamento das condutas não deve ser inferior a 0,80 m, medida entre a geratriz exterior superior da conduta e o nível do pavimento.

2 — Pode aceitar-se um valor inferior ao indicado desde que se protejam convenientemente as condutas para resistir a sobrecargas ou a temperaturas extremas.

3 — Em situações excepcionais, admitem-se condutas exteriores ao pavimento desde que sejam convenientemente protegidas mecânica, térmica e sanitariamente.

Artigo 26.º

Largura das valas

1 — Para profundidades até 3 m, a largura das valas para assentamento das tubagens deve ter, em regra, a dimensão mínima definida pelas seguintes fórmulas:

$$L = D_e + 0,50 \text{ para condutas de diâmetro até } 0,50 \text{ m;}$$

$$L = D_e + 0,70 \text{ para condutas de diâmetro superior a } 0,50 \text{ m;}$$

onde L é a largura da vala (m) e D_e o diâmetro exterior da conduta (m).

2 — Para profundidades superiores a 3 m, a largura mínima das valas pode ter de ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

Artigo 27.º

Assentamento

1 — As tubagens devem ser assentes por forma a assegurar-se que cada troço de tubagem se apoie contínua e directamente sobre terrenos de igual resistência.

2 — Quando, pela sua natureza, o terreno não assegure as necessárias condições de estabilidade das tubagens ou dos acessórios, deve fazer-se a sua substituição por material mais resistente devidamente compactado.

3 — Quando a escavação for feita em terreno rochoso, as tubagens devem ser assentes, em toda a sua extensão, sobre uma camada uniforme previamente preparada de 0,15 m a 0,30 m de espessura, de areia, gravilha ou material similar cuja maior dimensão não exceda 20 mm.

4 — Devem ser previstos maciços de amarração nas curvas e pontos singulares, calculados com base nos impulsos e resistência dos solos.

Figura 68 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 28.º

Aterro das valas

1 — O aterro das valas deve ser efectuado de 0,15 m a 0,30 m acima do extradorso das tubagens com material cujas dimensões não excedam 20 mm.

2 — A compactação do material do aterro deve ser feita cuidadosamente por forma a não danificar as tubagens e a garantir a estabilidade dos pavimentos.

Artigo 29.º

Ensaio de estanquidade

Todas as condutas, após assentamento e com as juntas a descoberto, devem ser sujeitas a ensaios de estanquidade de acordo com o determinado na normalização aplicável, bem como a operações de lavagem com o objectivo de desinfectação antes da sua entrada em serviço.

Artigo 30.º

Natureza dos materiais

1 — As condutas de distribuição de água podem ser de fibrocimento, PVC, betão armado, polietileno de média ou alta densidade, políéster reforçado com fibra de vidro, ferro fundido, aço ou outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização.

2 — Em todos os casos em que as condutas não se encontrem protegidas ou estejam sujeitas a vibrações, nomeadamente em travessias de obras de arte, o material a utilizar deve ser ferro fundido dúctil ou aço.

Artigo 31.º

Protecção

1 — Sempre que o material das condutas seja susceptível de ataque interno ou externo, deve prever-se a sua conveniente protecção de acordo com a natureza do agente agressivo.

2 — No caso de protecção interna devem ser usados produtos que não afectem a potabilidade da água.

SECÇÃO II

Ramais de ligação

Artigo 32.º

Ligação à rede pública

1 — Os ramais de ligação asseguram o abastecimento predial de água, desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de caudal e pressão.

2 — Quando se justifique, pode uma mesma edificação dispor de mais de um ramal de ligação para abastecimento doméstico ou de serviços.

3 — Os estabelecimentos comerciais e industriais devem ter, em princípio, ramais de ligação privativos.

Artigo 33.º

Caudais de cálculo

1 — Os caudais a considerar nos ramais de ligação são os caudais de cálculo dos respectivos sistemas prediais.

2 — Se o ramal de ligação for cumulativo com a distribuição de água quente e fria e com a distribuição de água para combate a incêndio, o caudal a considerar deve corresponder ao maior desses valores de cálculo.

Artigo 34.º

Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico dos ramais de ligação consiste na determinação dos seus diâmetros com base nos caudais de cálculo e para uma velocidade de escoamento compreendida entre 0,5 m/s e 2,0 m/s, função da pressão disponível na rede pública.

Artigo 35.º

Diâmetro mínimo

1 — O diâmetro nominal mínimo admitido em ramais de ligação é de 20 mm.

2 — Quando se tenha de assegurar simultaneamente o serviço de combate a incêndios sem reservatório de regularização, o diâmetro não deve ser inferior a 45 mm.

Artigo 36.º

Profundidade mínima

A profundidade mínima de assentamento dos ramais de ligação é de 0,80 m, que pode ser reduzida para 0,50 m nas zonas não sujeitas a circulação viária.

Artigo 37.º

Inserção na rede pública

1 — A inserção dos ramais de ligação nas condutas da rede pública de distribuição faz-se por meio de acessórios adequados, devendo prever-se válvula de seccionamento para suspensão do serviço de abastecimento.

2 — A inserção não é permitida em condutas com diâmetro superior a 300 mm, excepto em casos devidamente justificados.

Artigo 38.º

Natureza dos materiais

Os ramais de ligação podem ser de PVC, de polietileno de média ou alta densidade, de ferro fundido dúctil ou de outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização.

CAPÍTULO IV

Elementos acessórios da rede

Artigo 39.º

Juntas

1 — As juntas estabelecem a ligação de tubos, elementos acessórios e demais dispositivos da rede pública de distribuição e devem ser estanques, possibilitar a dilatação e facilitar a montagem e desmontagem de tubos e acessórios.

2 — De acordo com a sua função e características, as juntas podem classificar-se em rígidas, flexíveis, de dilatação e de desmontagem.

Artigo 40.º

Válvulas de seccionamento

1 — As válvulas de seccionamento devem ser instaladas de forma a facilitar a operação do sistema e minimizar os inconvenientes de eventuais interrupções do abastecimento.

2 — As válvulas de seccionamento devem ser devidamente protegidas e facilmente manobráveis e localizar-se, nomeadamente:

- Nos ramais de ligação;
- Junto de elementos acessórios ou instalações complementares que possam ter de ser colocados fora de serviço;
- Ao longo da rede de distribuição, por forma a permitir isolar áreas com um máximo de 500 habitantes;
- Ao longo de condutas da rede de distribuição mas sem serviço de percurso, com espaçamentos não superiores a 1000 m;
- Nos cruzamentos principais, em número de três;
- Nos entroncamentos principais, em número de duas.

Artigo 41.º

Válvulas de retenção

1 — As válvulas de retenção devem instalar-se, de acordo com o sentido do escoamento pretendido, nas tubagens de compressão e ou de aspiração das instalações elevatórias e, quando necessário em termos de operação, na rede de distribuição ou em reservatórios.

2 — Na definição e caracterização das válvulas de retenção devem ser determinados o diâmetro e a pressão a que ficam submetidas, tendo em conta o seu tipo e as condições de abertura e fecho.

Artigo 42.º

Redutores de pressão

1 — Os redutores de pressão têm por finalidade reduzir a pressão por forma a não exceder, para jusante, um valor prefixado.

2 — Os redutores de pressão podem classificar-se em câmaras de perda de carga e válvulas redutoras de pressão.

Figura 69 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 43.º

Válvulas redutoras de pressão

1 — As válvulas redutoras de pressão devem ser instaladas em câmaras de manobra que garantam protecção adequada e fácil acessibilidade, dispoendo a montante de filtro para retenção de areias e a jusante de manómetro ou dispositivo que permita fácil adaptação do mesmo, para controlo das pressões.

2 — As válvulas redutoras de pressão também devem ser dotadas de válvulas de seccionamento, a montante e a jusante, e de *by-pass* com seccionamento eventualmente amovível, cuja eficiência deve ser permanentemente assegurada, dispensando-se este no caso de válvulas redutoras instaladas em paralelo.

Artigo 44.º

Câmaras de perda de carga

As câmaras de perda de carga devem estar dotadas de descargas de superfície e de fundo com adequada protecção sanitária.

Artigo 45.º

Ventosas

As ventosas, que podem ser substituídas por bocas de rega e lavagem desde que seja garantida a sua operação periódica, têm por finalidade permitir a admissão e a expulsão de ar nas condutas.

Artigo 46.º

Localização e diâmetro das ventosas

1 — As ventosas devem ser localizadas nos pontos altos, nomeadamente nos extremos de condutas periféricas ascendentes, e nas condutas de extensão superior a 1000 m sem serviço de percurso.

2 — Nas condutas extensas referidas no número anterior, as ventosas devem localizar-se:

- a) A montante ou a jusante de válvulas de seccionamento consoante se encontrem respectivamente em troços ascendentes ou descendentes;
- b) Na secção de jusante de troços descendentes pouco inclinados quando se lhes segue um troço descendente mais inclinado.

3 — O diâmetro mínimo de uma ventosa não deve ser inferior a um oitavo do diâmetro da conduta onde é instalada, com um mínimo de 20 mm.

Artigo 47.º

Descargas de fundo

1 — As descargas de fundo destinam-se a permitir o esvaziamento de troços de condutas e de partes de redes de distribuição situados entre válvulas de seccionamento, nomeadamente para proceder a operações de limpeza, desinfecção ou reparação, e devem ser instaladas:

- a) Nos pontos baixos das condutas;
- b) Em pontos intermédios de condutas com o mesmo sentido de inclinação em comprimentos considerados relativamente elevados, tendo em atenção a necessidade de limitar o tempo de esvaziamento das condutas, e nas redes de distribuição extensas de modo a minimizar o número de consumidores prejudicados por eventuais operações de esvaziamento.

2 — Nos casos referidos na alínea b) ao número anterior, as descargas de fundo devem localizar-se imediatamente a montante ou a jusante das válvulas de seccionamento, respectivamente, nas condutas descendentes e nas condutas ascendentes.

Artigo 48.º

Lançamento dos efluentes das descargas de fundo

1 — Os efluentes das descargas de fundo devem ser lançados em linhas de água naturais, colectores pluviais ou câmaras de armazenamento transitório, salvaguardando-se, em qualquer dos casos, os riscos de contaminação da água da conduta.

2 — Sempre que necessário, devem prever-se na zona de lançamento dispositivos de dissipação de energia cinética.

Artigo 49.º

Dimensionamento das descargas de fundo

O dimensionamento de uma descarga de fundo consiste na determinação do seu diâmetro de modo a obter-se um tempo de esvaziamento do troço de conduta compatível com o bom funcionamento do sistema, não devendo o seu diâmetro ser inferior a um sexto do diâmetro da conduta onde é instalada, com um mínimo de 50 mm.

Artigo 50.º

Medidores de caudal

Os medidores de caudal têm por finalidade determinar o volume de água que se escoar, podendo, conforme os modelos, fazer a leitura do caudal instantâneo e do volume escoado ou apenas deste e ainda registar esses valores.

Artigo 51.º

Instalação dos medidores

1 — Os medidores de caudal devem ser instalados em locais devidamente protegidos, acessíveis e de forma a possibilitarem leituras correctas.

2 — Para além da montagem nos ramais de introdução predial de todos os consumidores, os medidores de caudal devem ser instalados nas condutas de saída dos reservatórios e das instalações elevatórias e noutros pontos criteriosamente escolhidos, por forma a permitir um melhor controlo do rendimento do sistema.

3 — Os medidores de caudal não devem ser instalados em pontos de eventual acumulação de ar para se evitar perturbações nas medições, devendo prever-se comprimentos mínimos de tubagem a montante e a jusante sem qualquer singularidade, com valores recomendados pelos fabricantes, que só podem ser reduzidos pela utilização de regularizadoras de escoamento.

4 — Devem prever-se válvulas de seccionamento a montante e a jusante do medidor de caudal.

Artigo 52.º

Factores de selecção dos medidores

Na selecção de um medidor de caudal devem ter-se em atenção, além da gama de caudais a medir, a precisão pretendida, a perda de carga admissível, a pressão de serviço, o diâmetro e posição da conduta, o espaço para montagem, a robustez, a simplicidade de reparação e a necessidade de medições num ou nos dois sentidos.

Artigo 53.º

Bocas de rega e de lavagem

1 — A implantação das bocas de rega e lavagem é função da organização urbanística dos aglomerados populacionais, nomeadamente arruamentos e espaços verdes.

2 — O afastamento entre bocas de rega e lavagem, quando necessárias, não deve ser superior a 50 m.

3 — O diâmetro nominal mínimo das bocas de rega e lavagem e respectivos ramais de alimentação é de 20 mm.

Artigo 54.º

Hidrantes

1 — Consideram-se hidrantes as bocas de incêndio e os marcos de água.

2 — As bocas de incêndio podem ser de parede ou de passeio, onde normalmente se encontram incorporadas.

3 — Os marcos de água são salientes em relação ao nível do pavimento.

4 — A concepção dos hidrantes deve garantir a sua utilização exclusiva pelas corporações de bombeiros e serviços municipais.

Artigo 55.º

Localização dos hidrantes

A localização dos hidrantes cabe à entidade gestora, ouvidas as corporações de bombeiros locais, devendo atender-se às seguintes regras:

- a) As bocas de incêndio tendem a ser substituídas por marcos de água e, onde estes não se instalem, o afastamento daquelas deve ser de 25 m no caso de construções em banda contínua;

Figura 70 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

- b) Os marcos de água devem localizar-se junto do lancil dos passeios que marginam as vias públicas, sempre que possível nos cruzamentos e bifurcações, com os seguintes espaçamentos máximos, em função do grau de risco de incêndio da zona:

- 200 m — grau 1;
- 150 m — grau 2;
- 130 m — grau 3;
- 100 m — grau 4;
- A definir caso a caso — grau 5.

Artigo 56.º

Ramais de alimentação de hidrantes

- 1 — Os diâmetros nominais mínimos dos ramais de alimentação dos hidrantes são de 45 mm para as bocas de incêndio e de 90 mm para os marcos de água.
- 2 — Os diâmetros de saída são fixados em 40 mm para as bocas de incêndio e em 60 mm, 75 mm e 90 mm para os marcos de água.

Artigo 57.º

Câmaras de manobra

As câmaras de manobra destinam-se fundamentalmente à instalação de acessórios no sistema e a facilitar o acesso para observação e operações de leitura ou de manobra em condições de segurança e eficiência e devem ser concebidas e constituídas de acordo com as mesmas regras previstas para as câmaras de visita do sistema público de drenagem de águas residuais.

CAPÍTULO V

Instalações complementares

SECÇÃO I

Captações

Artigo 58.º

Finalidade

As captações têm por finalidade obter água de forma contínua e duradoura em quantidade compatível com as necessidades e com qualidade bastante para, após tratamento, poder ser considerada própria para consumo humano.

Artigo 59.º

Tipos

As captações de água podem ser:

- a) Subterrâneas, provenientes de drenos, galerias de mina, nascentes, poços e furos;
- b) Superficiais, provenientes de meios hídricos superficiais lênticos ou lóticos.

Artigo 60.º

Localização

Na localização das captações deve considerar-se:

- a) A proximidade do aglomerado a abastecer;
- b) As disponibilidades hídricas e qualidade da água ao longo do ano;
- c) A facilidade de protecção sanitária;
- d) A facilidade de acesso;
- e) A existência de outras captações nas proximidades;
- f) Os riscos de acumulação de sedimentos;
- g) Os níveis de máxima cheia.

Artigo 61.º

Factores de dimensionamento

O dimensionamento das captações deve apoiar-se em estudos hidrogeológicos de base e no resultado de medições locais, tendo em vista as previsões de consumo.

Artigo 62.º

Protecção sanitária

As captações devem possuir uma adequada protecção sanitária destinada a evitar ou, pelo menos, reduzir os riscos de inquinação da água captada, de acordo com a legislação aplicável.

SECÇÃO II

Instalações de tratamento

Artigo 63.º

Finalidade

As instalações de tratamento têm por finalidade proceder às correcções necessárias por forma que as características físicas, químicas e bacteriológicas da água tratada sejam as de uma água própria para consumo humano.

Artigo 64.º

Tipos

- 1 — As instalações podem ser de tratamento:

- a) Físico e desinfecção;
- b) Físico-químico com desinfecção;
- c) Físico-químico com afinação e desinfecção.

- 2 — As operações de tratamento de maior importância são: sedimentação, coagulação, filtração, desinfecção, correcção da dureza ou acidez e arejamento.

Artigo 65.º

Localização

Na localização das instalações de tratamento deve considerar-se:

- a) A disponibilidade de área;
- b) A proximidade da origem de água;
- c) Os condicionamentos urbanísticos, topográficos, geológicos e hidrológicos, nomeadamente a verificação dos níveis máximos de cheia;
- d) A localização da fonte de alimentação de energia eléctrica;
- e) A localização da descarga de emergência, quando necessária;
- f) A facilidade de acesso;
- g) A integração no restante sistema por forma a minimizar os custos globais.

Artigo 66.º

Concepção e dimensionamento

- 1 — A selecção dos processos de tratamento a utilizar e o esquema de funcionamento devem procurar uma eficiência adequada com um mínimo de custos.

- 2 — O dimensionamento das instalações de tratamento deve ter em conta o caudal a tratar, a qualidade da água bruta e a qualidade da água que se deseja obter.

SECÇÃO III

Reservatórios

Artigo 67.º

Finalidade

Os reservatórios têm principalmente as seguintes finalidades:

- a) Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução;
- b) Constituir reservas de emergência para combate a incêndios ou para assegurar a distribuição em casos de interrupção voluntária ou accidental do sistema de montante;
- c) Equilibrar as pressões na rede de distribuição;
- d) Regularizar o funcionamento das bombagens.

Artigo 68.º

Classificação

Os reservatórios classificam-se:

- a) Consoante a sua função, em: de distribuição ou equilíbrio, de regularização de bombagem e de reserva para combate a incêndio;
- b) Consoante a sua implantação, em: enterrados, semienterrados e elevados;
- c) Consoante a sua capacidade, em: pequenos, médios e grandes, respectivamente, para volumes inferiores a 500 m³, compreendidos entre 500 m³ e 5000 m³ e superiores a este último valor.

Figura 71 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 69.º

Localização

1 — Os reservatórios devem situar-se o mais próximo possível do centro de gravidade dos locais de consumo, a uma cota que garanta as pressões mínimas em toda a rede.

2 — Em áreas muito acidentadas podem criar-se andares de pressão, localizando-se os reservatórios de forma a que as pressões na rede se encontrem entre os limites mínimo e máximo admissíveis.

3 — Em áreas extensas pertencentes ao mesmo andar de pressão pode dividir-se a capacidade de reserva por vários reservatórios afastados, mas ligados entre si de forma a equilibrar toda a distribuição.

4 — Em aglomerados que se expandam numa direcção preferencial pode localizar-se um segundo reservatório de extremidade, a um nível inferior ao principal, de modo a equilibrar as pressões nas zonas de expansão.

Artigo 70.º

Dimensionamento hidráulico

1 — O dimensionamento hidráulico dos reservatórios com funções de regularização consiste na determinação da sua capacidade de armazenamento, que deve ser o somatório das necessidades para regularização e reserva de emergência.

2 — A capacidade para regularização depende das flutuações de consumo que se devem regularizar por forma a minimizar os investimentos do sistema adutor e do reservatório.

3 — O sistema adutor é geralmente dimensionado para o caudal do dia de maior consumo, devendo a capacidade do reservatório ser calculada para cobrir as flutuações horárias, ao longo do dia.

4 — Pode ainda o sistema adutor ser dimensionado para o caudal diário médio do mês de maior consumo, devendo a capacidade do reservatório ser então calculada para cobrir também as flutuações diárias ao longo desse mês.

5 — Definidas as flutuações de consumo a regularizar, a capacidade do reservatório é determinada em função da variação, no tempo, dos caudais de entrada e de saída, através de métodos gráficos ou numéricos.

6 — A capacidade para reserva de emergência deve ser o maior dos valores necessários para incêndio ou avaria.

7 — A reserva de água para incêndio é função do grau de risco da zona e não deve ser inferior aos valores seguintes:

- 75 m³ — grau 1;
- 125 m³ — grau 2;
- 200 m³ — grau 3;
- 300 m³ — grau 4;
- A definir caso a caso — grau 5.

8 — A reserva de água para avarias deve ser fixada admitindo que:

- a) A avaria se dá no período mais desfavorável, mas não simultaneamente em mais de uma conduta alimentadora;
- b) A sua localização demora entre uma e duas horas quando a conduta é acessível por estrada ou caminho transitável, ou ainda em pontos afastados de não mais de 1 km e demora mais meia hora para cada quilómetro de conduta não acessível por veículos motorizados;
- c) A reparação demora entre quatro e seis horas, incluindo-se neste tempo o necessário para o esvaziamento da conduta, reparação propriamente dita, reenchimento e desinfecção.

9 — Em reservatórios apenas com a função de equilíbrio de pressões, a capacidade da torre de pressão deve corresponder no mínimo ao volume consumido durante quinze minutos em caudal de ponta.

10 — Independentemente das condições de alimentação do reservatório, a capacidade de armazenamento do sistema deve ser:

$$V \geq K Q_{md}$$

onde Q é o caudal médio diário anual (metros cúbicos) do aglomerado e K um coeficiente que toma os seguintes valores mínimos:

- $K = 1,0$ para aglomerados populacionais superiores a 100 000 habitantes;
- $K = 1,25$ para aglomerados populacionais compreendidos entre 10 000 e 100 000 habitantes;
- $K = 1,5$ para aglomerados populacionais compreendidos entre 1000 e 10 000 habitantes;
- $K = 2,0$ para aglomerados populacionais inferiores a 1000 habitantes e para zonas de maior risco, nomeadamente aerogares, estabelecimentos hospitalares e quartéis.

Artigo 71.º

Aspectos construtivos

1 — Os reservatórios devem ser resistentes, estanques e ter o fundo inclinado a, pelo menos, 1‰ para as calceiras ou para a caixa de descarga.

2 — Para permitir a sua colocação fora de serviço para eventuais operações de limpeza, desinfecção e manutenção, os reservatórios devem estar dotados de *by-pass*, a menos que sejam constituídos por mais de uma célula.

3 — Os reservatórios enterrados e semienterrados devem ser formados, pelo menos, por duas células que, em funcionamento normal, se intercomunique, estando no entanto preparadas para funcionar isoladamente.

4 — Cada célula deve dispor, no mínimo, de:

- a) Circuito de alimentação com entrada equipada com válvula de seccionamento;
- b) Circuito de distribuição com entrada protegida por ralo e equipado com válvula de seccionamento;
- c) Circuito de emergência através de descarregador de superfície;
- d) Circuito de esvaziamento e limpeza através da descarga de fundo;
- e) Ventilação adequada;
- f) Fácil acesso ao seu interior.

Artigo 72.º

Protecção sanitária

Para garantia de protecção sanitária da água armazenada, os reservatórios devem:

- a) Ser perfeitamente estanques às águas subterrâneas e superficiais;
- b) Possuir um recinto envolvente vedado, de acesso condicionado;
- c) Possuir as aberturas protegidas contra a entrada de insectos, pequenos animais e luz;
- d) Utilizar materiais não poluentes ou tóxicos em contacto permanente ou eventual com a água;
- e) Ter a entrada e a saída da água em pontos suficientemente afastados para evitar a formação de zonas de estagnação;
- f) Ser bem ventilados de modo a permitir a frequente renovação do ar em contacto com a água;
- g) Ter, quando necessário, adequada protecção térmica para impedir variações de temperatura da água.

SECÇÃO IV

Instalações de bombagem

Artigo 73.º

Finalidade e tipos

1 — As instalações de bombagem têm por finalidade introduzir energia no escoamento em situações devidamente justificadas.

2 — As instalações de bombagem classificam-se em elevatórias e sobressoras consoante a aspiração é efectuada a partir de um reservatório em superfície livre ou da própria conduta sem perda de pressão.

Artigo 74.º

Localização

Na localização das instalações de bombagem deve considerar-se:

- a) A integração com o restante sistema por forma a minimizar custos globais;
- b) Os condicionamentos urbanísticos, topográficos, geológicos e hidrológicos, nomeadamente a verificação dos níveis máximos de cheia;
- c) Os condicionamentos hidrogeológicos, designadamente a existência de níveis freáticos elevados que possam originar um efeito de impulsão significativo;
- d) A distância da fonte de alimentação de energia eléctrica;
- e) A minimização de problemas do funcionamento hidráulico da exploração através de um traçado adequado da conduta elevatória em planta e perfil longitudinal;
- f) A localização da descarga de emergência, quando a mesma se torne necessária;
- g) Os efeitos da propagação de ruídos e vibrações.

Figura 72 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 75.º

Constituição

Nas instalações de bombagem há, em geral, a considerar os seguintes elementos:

- a) Dispositivos de tratamento preliminar;
- b) Câmaras e condutas de aspiração;
- c) Equipamentos de bombagem;
- d) Condutas elevatórias;
- e) Dispositivos de controlo, comando e protecção;
- f) Descarregadores.

Artigo 76.º

Dispositivos de tratamento preliminar

Quando as características das águas afluentes e a protecção dos equipamentos e do sistema a jusante o exigirem, devem instalar-se grades e, se necessário, desarenadores.

Artigo 77.º

Câmaras de aspiração

1 — No dimensionamento das câmaras de aspiração deve ser analisada a variabilidade dos caudais afluentes e a frequência de arranques, compatível com os tipos dos equipamentos utilizados.

2 — A forma das câmaras de aspiração deve evitar a acumulação de lamas em zonas mortas, tendo para isso as arestas boleadas e soleira com inclinação adequada.

Artigo 78.º

Equipamento de bombagem

1 — O equipamento de bombagem é constituído por grupos electrobomba, submersíveis ou não, de eixo horizontal ou vertical.

2 — Na definição e caracterização dos grupos electrobomba deve ter-se em consideração:

- a) O número máximo de arranques por hora admissível para o equipamento a instalar;
- b) A velocidade máxima de rotação compatível com a natureza do material;
- c) A instalação, no mínimo, de um dispositivo de elevação de reserva, com potência igual a cada um dos restantes instalados e destinado a funcionar como reserva activa mútua e, excepcionalmente, em conjunto para reforço da capacidade elevatória.

Artigo 79.º

Condutas elevatórias

1 — O diâmetro das condutas elevatórias é definido em função de um estudo técnico-económico que abranja todo o período de exploração.

2 — O perfil longitudinal é preferencialmente ascendente, não devendo a linha piezométrica intersectar a conduta, mesmo em situações de caudal nulo.

3 — Devem ser definidas as envolventes de cotas piezométricas mínimas e máximas provenientes de ocorrência de regimes transitórios e verificada a necessidade ou não de órgãos de protecção.

4 — Para a libertação do ar das condutas pode recorrer-se a ventosas de funcionamento automático ou a tubos de ventilação.

5 — Em todos os pontos baixos da conduta e sempre que se justificar em pontos intermédios, devem ser instaladas descargas de fundo por forma a permitir um esvaziamento num período de tempo aceitável.

6 — Devem ser previstos maços de amarração de acordo com o disposto no n.º 4 do artigo 27.º

Artigo 80.º

Dispositivos de protecção contra o choque hidráulico

1 — É obrigatória a análise prévia dos regimes hidráulicos transitórios nas instalações de bombagem em pressão, com definição dos eventuais dispositivos de protecção.

2 — Os dispositivos de protecção referidos no n.º 1 devem ser definidos em função das envolventes das cotas piezométricas mínimas e máximas provenientes do choque hidráulico por ocorrência de regimes transitórios na situação mais desfavorável previsível.

Artigo 81.º

Descarregadores

As instalações de bombagem com alimentação por canal devem dispor, a montante, de um descarregador ligado a um colector de recurso para fazer face à ocorrência de avarias, à necessidade de colocação da instalação fora de serviço e permitir o desvio da água em excesso.

TÍTULO III**Sistemas de distribuição predial de água****CAPÍTULO I****Regras gerais**

Artigo 82.º

Separação de sistemas

Os sistemas prediais alimentados pela rede pública devem ser independentes de qualquer sistema de distribuição de água com outra origem, nomeadamente poços ou furos privados.

Artigo 83.º

Cadastro dos sistemas

A entidade gestora do serviço de distribuição pública de água deve manter em arquivo os cadastros dos sistemas prediais.

Artigo 84.º

Identificação das canalizações

As canalizações instaladas à vista ou visitáveis devem ser identificadas consoante a natureza da água transportada e de acordo com o sistema de normalização vigente.

Artigo 85.º

Prevenção da contaminação

1 — Não é permitida a ligação entre a rede predial de distribuição de água e as redes prediais de drenagem de águas residuais.
2 — O fornecimento de água potável aos aparelhos sanitários deve ser efectuado sem pôr em risco a sua potabilidade, impedindo a sua contaminação, quer por contacto, quer por aspiração de água residual em caso de depressão.

Artigo 86.º

Utilização de água não potável

1 — A entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.
2 — As redes de água não potável e respectivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.

CAPÍTULO II**Concepção geral**

Artigo 87.º

Concepção de novos sistemas

1 — Na concepção de novos sistemas há que atender:

- a) À pressão disponível na rede geral de alimentação e à necessária nos dispositivos de utilização;
- b) Ao tipo e número de dispositivos de utilização;
- c) Ao grau de conforto pretendido;
- d) À minimização de tempos de retenção da água nas canalizações.

2 — As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenham entre 150 kPa e 300 kPa.

Figura 73 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 88.º

Remodelação ou ampliação de sistemas existentes

Sempre que na remodelação ou ampliação de um sistema haja aumento de caudal de ponta, deve comprovar-se a suficiência da capacidade hidráulica de transporte das canalizações e das eventuais instalações complementares a montante, sem prejuízo das condições de funcionamento do sistema na sua globalidade.

CAPÍTULO III

Elementos de base para dimensionamento

Artigo 89.º

Dispositivos de utilização

1 — Na elaboração dos estudos relativos à distribuição predial de água, devem definir-se os tipos de dispositivos de utilização e indicar-se a sua localização.

2 — Os aparelhos alimentados por dispositivos de utilização devem estar devidamente identificados nas peças desenhadas do projecto.

Artigo 90.º

Caudais instantâneos

1 — Os caudais instantâneos a atribuir aos dispositivos de utilização devem estar de acordo com o fim específico a que se destinam.

2 — Os valores mínimos dos caudais instantâneos a considerar nos dispositivos de utilização mais correntes são indicados no anexo IV.

Artigo 91.º

Coefficientes de simultaneidade

1 — Na determinação dos caudais de cálculo deve ter-se em conta a possibilidade do funcionamento não simultâneo da totalidade dos dispositivos de utilização, considerando-se coeficientes de simultaneidade como se dispõe nos números seguintes.

2 — Designa-se por coeficiente de simultaneidade numa dada secção a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível, ou seja o caudal de cálculo, e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção.

3 — O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por via analítica ou gráfica resultante de dados estatísticos aplicáveis.

4 — No anexo V é apresentada uma curva que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, fornece os caudais de cálculo para um nível de conforto médio em função dos caudais acumulados, e pode ser utilizada para os casos correntes de habitação sem fluxómetros.

5 — No caso de instalação de fluxómetros, ao caudal de cálculo obtido de acordo com os números anteriores deve ainda adicionar-se o caudal de cálculo dos fluxómetros, a determinar de acordo com o indicado no anexo V.

Artigo 92.º

Pressões na rede pública

Para efeitos de cálculo da rede predial devem ser fornecidos pela entidade gestora os valores das pressões máxima e mínima na rede pública no ponto de inserção naquela.

CAPÍTULO IV

Rede predial de água fria e água quente

Artigo 93.º

Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo na rede predial de água fria e de água quente devem basear-se nos caudais instantâneos atribuídos aos dispositivos de utilização e nos coeficientes de simultaneidade.

Artigo 94.º

Dimensionamento hidráulico

1 — O dimensionamento hidráulico da rede predial de água fria e quente é efectuado de acordo com os seguintes elementos:

- Caudais de cálculo;
- Velocidades, que devem situar-se entre 0,5 m/s e 2,0 m/s;
- Rugosidade do material.

2 — Nos ramais de alimentação de fluxómetros para bacias de retrete devem ter-se em atenção as pressões mínimas de serviço a cujos valores correspondem os seguintes diâmetros mínimos:

Pressão (kPa)	Diâmetro (milímetros)
200	25
80	32
50	40

Artigo 95.º

Traçado

1 — O traçado das canalizações prediais de água deve ser constituído por troços rectos, horizontais e verticais, ligados entre si por acessórios apropriados, devendo os primeiros possuir ligeira inclinação para favorecer a circulação do ar e considerando-se recomendável 0,5% como valor orientativo.

2 — A exigência de alguns acessórios pode ser dispensável caso se utilizem canalizações flexíveis.

3 — As canalizações de água quente devem ser colocadas, sempre que possível, paralelamente às de água fria e nunca abaixo destas.

4 — A distância mínima entre canalizações de água fria e de água quente é de 0,05 m.

Artigo 96.º

Instalação

1 — As canalizações interiores da rede predial de água fria e quente podem ser instaladas à vista, em galerias, caleiras, tectos falsos, embainhadas ou embutidas.

2 — As canalizações não embutidas são fixadas por braçadeiras, espaçadas em conformidade com as características do material.

3 — Na instalação de juntas e no tipo de braçadeiras a utilizar deverão ser consideradas a dilatação e a contracção da tubagem.

4 — As canalizações exteriores da rede predial de água fria podem ser enterradas em valas, colocadas em paredes ou instaladas em caleiras, devendo ser sempre protegidas de acções mecânicas e isoladas termicamente quando necessário.

5 — As canalizações não devem ficar:

- Sob elementos de fundação;
- Embutidas em elementos estruturais;
- Embutidas em pavimentos, excepto quando flexíveis e embainhadas;
- Em locais de difícil acesso;
- Em espaços pertencentes a chaminés e a sistemas de ventilação.

Artigo 97.º

Prevenção contra a corrosão

1 — No projecto das redes prediais de água devem ser consideradas medidas destinadas a atenuar os fenómenos de corrosão, devendo para o efeito:

- As canalizações metálicas da rede ser executadas, de preferência, com o mesmo material;
- No caso de materiais diferentes, o material mais nobre ser instalado a jusante do menos nobre, procedendo-se ao isolamento das ligações por juntas dieléctricas;
- O assentamento de canalizações metálicas de redes distintas fazer-se sem pontos de contacto entre si ou com quaisquer elementos metálicos da construção;
- O assentamento de canalizações não embutidas fazer-se com suportes de material inerte, do mesmo material ou de material de nobreza próxima inferior;
- O atravessamento de paredes e pavimentos fazer-se através de bainhas de material adequado inerte ou de nobreza igual ou próxima inferior ao da canalização;
- As canalizações metálicas ser colocadas, sempre que possível, não embutidas ou revestidas com materiais não agressivos;
- Ser evitado o assentamento de canalizações metálicas em materiais potencialmente agressivos;
- As canalizações enterradas ser executadas, preferencialmente, com materiais não corrosivos.

2 — As temperaturas da água na distribuição de água quente não devem exceder os 60º C.

3 — Sendo necessário manter temperaturas superiores à indicada no número anterior, têm de ser tomadas precauções especiais na escolha do material a utilizar, na instalação e ainda com a segurança dos utentes.

Figura 74 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 98.º

Isolamento da rede de água quente

1 — As canalizações de água quente devem ser isoladas com produtos adequados, imputrescíveis, não corrosivos, incombustíveis e resistentes à humidade.

2 — Podem não ser isoladas as derivações para os dispositivos de utilização, quando de pequeno comprimento.

3 — As canalizações e respectivos isolamentos devem ser protegidos sempre que haja risco de condensação de vapor de água, de infiltrações ou de choques mecânicos.

Artigo 99.º

Natureza dos materiais

1 — As tubagens e acessórios que constituem as redes interiores podem, entre outros, ser de cobre, aço inoxidável, aço galvanizado ou PVC rígido, este último no caso de canalizações de água fria não afectas a sistemas de combate a incêndios.

2 — Nas redes exteriores de água fria, as tubagens e acessórios podem ser de ferro fundido, fibrocimento, polietileno ou PVC rígido.

CAPÍTULO V

Elementos acessórios da rede

Artigo 100.º

Torneiras e fluxómetros

As torneiras e fluxómetros são dispositivos de utilização colocados à saída de ramais de alimentação com a finalidade de regular o fornecimento de água.

Artigo 101.º

Válvulas

As válvulas são órgãos instalados nas redes com a finalidade de:

- Impedir ou estabelecer a passagem de água em qualquer dos sentidos — válvula de seccionamento;
- Impedir a passagem de água num dos sentidos — válvula de retenção;
- Manter a pressão abaixo de determinado valor por efeito de descarga — válvula de segurança;
- Manter a pressão abaixo de determinado valor com a introdução de uma perda de carga — válvula redutora de pressão;
- Permitir a regulação do caudal — válvula de regulação.

Artigo 102.º

Instalação de válvulas

É obrigatória a instalação de válvulas:

- De seccionamento à entrada dos ramais de introdução individuais, dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e das cozinhas e a montante de autoclismos, de fluxómetros, de equipamento de lavagem de roupa e de louça, do equipamento de produção de água quente, de purgadores de água e ainda imediatamente a montante e a jusante de contadores;
- De retenção a montante de aparelhos produtores-acumuladores de água quente e no início de qualquer rede não destinada a fins alimentares e sanitários;
- De segurança na alimentação de aparelhos produtores-acumuladores de água quente;
- Redutoras de pressão nos ramais de introdução sempre que a pressão seja superior a 600 kPa e ou as necessidades específicas do equipamento o exijam.

Artigo 103.º

Prevenção contra a corrosão

Para atenuar os fenómenos de corrosão, devem utilizar-se válvulas de material de nobreza igual ou tão próxima quanto possível da do material das canalizações ou utilizarem-se juntas dieléctricas.

Artigo 104.º

Natureza dos materiais das válvulas

As válvulas podem ser de latão, bronze, aço, PVC ou outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização.

Artigo 105.º

Contadores

1 — Compete à entidade gestora a definição do tipo, calibre e classe metroológica do contador a instalar.

2 — São parâmetros que determinam a definição do contador:

- As características físicas e químicas da água;
- A pressão de serviço máxima admissível;
- O caudal de cálculo previsto na rede de distribuição predial;
- A perda de carga que provoca.

Artigo 106.º

Instalação dos contadores

1 — Os contadores, que devem ser instalados obrigatoriamente em por cada consumidor, podem ser colocados isoladamente ou em conjunto, constituindo, neste último caso, uma bateria de contadores.

2 — Na bateria de contadores pode ser estabelecido um circuito fechado no qual têm origem os ramais de introdução individuais.

3 — O espaço destinado aos contadores e seus acessórios deve ser definido pela entidade gestora, através de adequadas especificações técnicas.

4 — Um esquema de instalação de bateria de contadores é apresentado no anexo VI.

Artigo 107.º

Localização dos contadores

1 — Nos edifícios confinantes com a via ou espaços públicos, os contadores devem localizar-se no seu interior, na zona de entrada ou em zonas comuns, consoante se trate de um ou de vários consumidores.

2 — Nos edifícios com logradouros privados, os contadores devem localizar-se:

- No logradouro junto à zona de entrada contígua com a via pública, no caso de um só consumidor;
- No interior do edifício em zonas comuns ou no logradouro junto à entrada contígua com a via pública, no caso de vários consumidores.

CAPÍTULO VI

Instalações complementares

Artigo 108.º

Reservatórios

1 — Os reservatórios prediais têm por finalidade o armazenamento de água à pressão atmosférica, constituindo uma reserva destinada à alimentação das redes dos prédios a que estão associados.

2 — O armazenamento de água para fins alimentares só é permitido em casos devidamente autorizados pela entidade gestora, nomeadamente quando as características do fornecimento por parte do sistema público não ofereçam as garantias necessárias ao bom funcionamento do sistema predial, em termos de caudal e pressão.

3 — Nos casos referidos no número anterior, a entidade gestora define os aspectos construtivos, o dimensionamento e a localização dos reservatórios.

Artigo 109.º

Instalações elevatórias e sobrepessoras

1 — As instalações elevatórias são conjuntos de equipamentos destinados a elevar, por meios mecânicos, a água armazenada em reservatórios.

2 — As instalações sobrepessoras são conjuntos de equipamentos destinados a produzir um aumento da pressão disponível na rede pública quando esta for insuficiente para garantir boas condições de utilização no sistema.

CAPÍTULO VII

Verificação, ensaios e desinfecção

Artigo 110.º

Verificação

A verificação da conformidade do sistema com o projecto aprovado e com as disposições legais em vigor deve ser feita com as canalizações e respectivos acessórios à vista.

Artigo 111.º

Ensaio de estanquidade

1 — O ensaio de estanquidade deve ser conduzido com as canalizações, juntas e acessórios à vista, convenientemente travados e com as extremidades obturadas e desprovidas de dispositivos de utilização.

2 — O processo de execução do ensaio é o seguinte:

- Ligação da bomba de ensaio com manómetro, localizada tão próximo quanto possível do ponto de menor cota do troço a ensaiar;
- Enchimento das canalizações por intermédio da bomba, de forma a libertar todo o ar nelas contido e garantir uma pressão igual a uma vez e meia a máxima de serviço, com o mínimo de 900 kPa;
- Leitura do manómetro da bomba, que não deve acusar redução durante um período mínimo de quinze minutos;
- Esvaziamento do troço ensaiado.

Artigo 112.º

Desinfecção dos sistemas

Os sistemas de distribuição predial de água para fins alimentares e sanitários, depois de equipados com os dispositivos de utilização e antes de entrarem em funcionamento, devem ser submetidos a uma operação de lavagem com o objectivo de desinfecção.

Artigo 113.º

Prova de funcionamento hidráulico

Após os ensaios de estanquidade e a instalação dos dispositivos de utilização, deve verificar-se o comportamento hidráulico do sistema.

TÍTULO IV**Sistemas de drenagem pública de águas residuais****CAPÍTULO I****Regras gerais**

Artigo 114.º

Âmbito dos sistemas

1 — Este título aplica-se aos sistemas de drenagem pública de águas residuais domésticas, industriais e pluviais e ainda aos sistemas de drenagem privados, desde que destinados a utilização colectiva, contemplando fundamentalmente a rede de colectores e o destino final dos efluentes.

2 — Em pequenos aglomerados populacionais, onde as soluções convencionais de engenharia se tornem economicamente inviáveis, pode adoptar-se, em alternativa, sistemas simplificados de drenagem pública, tais como fossas sépticas seguidas de sistemas de infiltração ou redes de pequeno diâmetro com tanques interceptores de lamas.

Artigo 115.º

Constituição dos sistemas

1 — Os sistemas de drenagem pública de águas residuais são essencialmente constituídos por redes de colectores, instalações de tratamento e dispositivos de descarga final.

2 — As águas residuais domésticas provêm de instalações sanitárias, cozinhas e zonas de lavagem de roupas e caracterizam-se por conterem quantidades apreciáveis de matéria orgânica, serem facilmente biodegradáveis e manterem relativa constância das suas características no tempo.

3 — As águas residuais industriais derivam da actividade industrial e caracterizam-se pela diversidade dos compostos físicos e químicos que contêm, dependentes do tipo de processamento industrial e ainda por apresentarem, em geral, grande variabilidade das suas características no tempo.

4 — As águas residuais pluviais, ou simplesmente águas pluviais, resultam da precipitação atmosférica caída directamente no local ou em bacias limitrofes contribuintes e apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica.

5 — Consideram-se equiparadas a águas pluviais as provenientes de regas de jardins e espaços verdes, de lavagem de arruamentos, passeios, pátios e parques de estacionamento, normalmente recolhidas por sarjetas, sumidouros e ralos.

Artigo 116.º

Tipos de sistemas

1 — Os sistemas de drenagem pública de águas residuais podem ser:

- Separativos, constituídos por duas redes de colectores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- Unitários, constituídos por uma única rede de colectores onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- Mistos, constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de colectores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo;
- Separativos parciais ou pseudo-separativos, em que se admite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao colector de águas residuais domésticas.

2 — As águas de lavagem de garagens de recolha de veículos, de descargas de piscinas e de instalações de aquecimento e armazenamento de água podem ser lançadas na rede doméstica ou pluvial, conforme a afinidade e condições locais.

3 — As águas residuais industriais provenientes de circuitos de refrigeração que não tenham tido degradação significativa na sua qualidade podem ser lançadas na rede pluvial.

Artigo 117.º

Lançamentos interditos

Sem prejuízo de legislação especial, é interdito o lançamento nas redes de drenagem pública de águas residuais, qualquer que seja o seu tipo, directamente ou por intermédio de canalizações prediais, de:

- Matérias explosivas ou inflamáveis;
- Matérias radioactivas em concentrações consideradas inaceitáveis pelas entidades competentes;
- Efluentes de laboratórios ou de instalações hospitalares que, pela sua natureza química ou microbiológica, constituam um elevado risco para a saúde pública ou para a conservação das tubagens;
- Entulhos, areias ou cinzas;
- Efluentes a temperaturas superiores a 30°C;
- Lamas extraídas de fossas sépticas e gorduras ou óleos de câmaras retentoras ou dispositivos similares, que resultem das operações de manutenção;
- Quaisquer outras substâncias, nomeadamente sobejos de comida e outros resíduos, triturados ou não, que possam obstruir ou danificar os colectores e os acessórios ou inviabilizar o processo de tratamento;
- Efluentes de unidades industriais que contenham:

Compostos cíclicos hidroxilados e seus derivados halogenados;

Matérias sedimentáveis, precipitáveis e flutuantes que, por si ou após mistura com outras substâncias existentes nos colectores, possam pôr em risco a saúde dos trabalhadores ou as estruturas dos sistemas;

Substâncias que impliquem a destruição dos processos de tratamento biológico;

Substâncias que possam causar a destruição dos ecossistemas aquáticos ou terrestres nos meios receptores;

Quaisquer substâncias que estimulem o desenvolvimento de agentes patogénicos.

CAPÍTULO II**Concepção dos sistemas**

Artigo 118.º

Concepção geral

1 — A concepção dos sistemas de drenagem pública de águas residuais deve passar pela análise prévia e cuidada do destino final a dar aos efluentes, tanto do ponto de vista de protecção dos recursos naturais como de saúde pública e de economia global da obra.

2 — Na drenagem de águas residuais domésticas e industriais deve procurar-se um desenvolvimento da rede de colectores que possa cobrir toda a área a servir, minimizando os custos globais e procurando que o escoamento dos efluentes se faça por via gravítica de modo a favorecer a fiabilidade do sistema.

3 — Na concepção de sistemas de drenagem de águas pluviais devem ser cuidadosamente analisadas as áreas em que o escoamento

Figura 76 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto

Artigo 140.º

Juntas

1 — As juntas dos colectores devem ser executadas de forma a assegurar a estanquidade a líquidos e gases e a manter as tubagens devidamente centradas.

2 — Uma vez executadas as juntas, devem remover-se, se for caso disso, os materiais que escorreram para o interior dos colectores, de modo a permitir o normal escoamento das águas residuais.

3 — Nos troços que, temporária ou permanentemente, trabalhem sob pressão, incluindo as situações em que os colectores domésticos ou industriais permanecem abaixo do nível freático, devem ser usadas juntas do tipo das utilizadas para a distribuição de água.

4 — Em colectores colocados em zonas de vibração ou em zonas de aterro susceptíveis de assentamento, devem utilizar-se juntas flexíveis e aumentar-se o seu número.

Artigo 141.º

Ensaio após assentamento

Todos os colectores e ramais de ligação, após assentamento e com as juntas a descoberto, devem ser sujeitos a ensaios de estanquidade e verificação da linearidade e não obstrução, sendo o primeiro destes aplicado igualmente às câmaras de visita.

Artigo 142.º

Natureza dos materiais

1 — Os colectores de águas residuais domésticas podem, entre outros, ser de grés cerâmico vidrado interna e externamente, betão, fibrocimento ou PVC e os de águas pluviais de betão.

2 — Em escoamento sob pressão, o material a utilizar pode ser o fibrocimento, PVC, ferro fundido e aço.

Artigo 143.º

Protecções

1 — Sempre que o material dos colectores seja susceptível de ataque por parte das águas residuais ou gases resultantes da sua actividade biológica, deve prever-se uma conveniente protecção interna da tubagem de acordo com a natureza do agente agressivo.

2 — Deve também prever-se a protecção exterior dos colectores sempre que o solo ou as águas freáticas envolventes sejam quimicamente agressivas.

Artigo 144.º

Controlo de septicidade em escoamentos em superfície livre

1 — No projecto de sistemas de drenagem de águas residuais domésticas ou de sistemas unitários e como medida de controlo de septicidade, devem adoptar-se as seguintes regras:

- Imposição de um valor mínimo de velocidade nos colectores para os caudais de cálculo;
- Utilização de quedas nos troços de montante onde as águas residuais são ainda pouco sépticas;
- Minimização da turbulência nos troços de jusante em que as águas residuais já têm condições de septicidade;
- Garantia de ventilação ao longo dos colectores através da limitação de altura de lâmina líquida;
- Garantia de ventilação através dos ramais de ligação e tubos de queda prediais.

2 — Em regiões frias, o valor da velocidade mínima de autolimpieza é, em geral, suficiente para evitar a formação de gás sulfídrico.

3 — Em regiões quentes e águas residuais com elevadas cargas orgânicas, o valor mínimo da velocidade requerido pode ser estimado, em primeira aproximação, pela expressão de Pomeroy:

$$V = 0,042 (CBO_5 \cdot 1,07^{T-20})^{1/2}$$

sendo:

V a velocidade, em metros/segundo;

CBO₅ a carência bioquímica de oxigénio média nos meses mais quentes do ano, em mg O₂/l;

T a temperatura média das águas nos meses mais quentes do ano, em graus centígrados.

4 — O valor referido no número anterior não deve ser exigido nos colectores secundários onde, mesmo nos meses mais quentes, as águas residuais são ainda pouco sépticas.

5 — Em colectores principais com tempos de percurso significativos, deve ser feito um estudo adicional sobre as condições potenciais da formação de gás sulfídrico.

Artigo 145.º

Controlo de septicidade em escoamentos sob pressão

1 — Em condutas sob pressão e como consequência da ausência de arejamento das águas residuais, é maior o inconveniente da formação de gás sulfídrico, fazendo-se sentir os efeitos a jusante e não na própria conduta, sendo necessário garantir que a entrada do escoamento no troço gravítico se faça em condições de mínima turbulência.

2 — Em regiões quentes e para elevados teores de carência bioquímica de oxigénio, o tempo de retenção nas canalizações sob pressão não deve exceder os dez minutos, devendo ser injectado, em caso contrário, ar comprimido, oxigénio, ou aplicados produtos químicos oxidantes.

SECÇÃO II

Ramais de ligação

Artigo 146.º

Finalidade

Os ramais de ligação têm por finalidade assegurar a condução das águas residuais prediais, desde as câmaras de ramal de ligação até à rede pública.

Artigo 147.º

Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo são determinados de acordo com as regras estabelecidas no título v — sistemas de drenagem predial de águas residuais.

Artigo 148.º

Dimensionamento hidráulico-sanitário

No dimensionamento hidráulico-sanitário dos ramais de ligação deve atender-se ao caudal de cálculo e às seguintes regras:

- As inclinações não devem ser inferiores a 1%, sendo aconselhável que se mantenham entre 2% e 4%;
- Para inclinações superiores a 15% devem prever-se dispositivos especiais de ancoragem dos ramais;
- A altura do escoamento não deve exceder a meia secção ou atingir a secção cheia, respectivamente, em ramais de ligação domésticos ou pluviais.

Artigo 149.º

Diâmetro mínimo

O diâmetro nominal mínimo admitido nos ramais de ligação é de 125 mm.

Artigo 150.º

Ligação à rede de drenagem pública

1 — As redes de águas residuais domésticas dos edifícios abrangidos pela rede pública devem ser obrigatoriamente ligadas a esta por ramais de ligação.

2 — As redes de águas pluviais dos edifícios abrangidos pela rede pública devem ser ligados a esta por ramais de ligação, a menos que descarreguem em valetas, de acordo com o disposto no título v.

3 — Em edifícios de grande extensão, pode-se dispor de mais de um ramal de ligação para cada tipo de águas residuais.

Artigo 151.º

Inserção na rede de drenagem pública

1 — A inserção dos ramais de ligação na rede pública pode fazer-se nas câmaras de visita ou, directa ou indirectamente, nos colectores.

2 — A inserção directa dos ramais de ligação nos colectores só é admissível para diâmetros destes últimos superiores a 500 mm e deve fazer-se a um nível superior a dois terços de altura daquele.

3 — A inserção nos colectores pode fazer-se por meio de forquilhas simples com um ângulo de incidência igual ou inferior a 67.º 30', sempre no sentido do escoamento, de forma a evitar perturbações na veia líquida principal.

Anexo 5

Tabela 42 - Comparação entre softwares de modelação

Programas	Descrição	Características adicionais				Limitações quanto ao número de nós	Custos (\$)
		Simulação	Análise da qualidade da água	Interface do utilizador gráfica	Interação SIG/CAD		
AquaNet	Simulação e modelação de sistemas de condutas pressurizadas	X	X	X	SIG	Ilimitados	1.999
Cross	Cálculo hidráulico para condutas de abastecimento de água	X	-	X	SIG/CAD	10000	Módulo base 3.700 Módulo CAD 3.900
Epanet 2.0	Simulações por períodos extensos no tempo de comportamentos hidráulicos e de qualidade hídrica em condutas pressurizadas	X	X	X	-	Ilimitados	Grátis
WaterCAD 5.0	Ferramenta de desenho e análise de sistemas de distribuição de água	X	X	X	SIG/CAD	Superiores a 10	195 a 25000
Pipe2000	Software modelação hidráulica para sistemas simples ou complexos	X	X	X	SIG/CAD	250 a 20000	Módulo base 1495
H20net/H20map	Um complexo sistema de distribuição de água baseado em sistemas de informação geográfica para desenho, análise e otimização de redes	X	X	X	SIG	1000 a Ilimitados	Módulo base 4000

Anexo 6

Tabela 43 - Características dos Reservatórios concelho de Câmara de Lobos

Identificação	Nome do Reservatório	Capacidade (m ³)	Cota de Implantação (m)	Sistema adutor	Nº de células
1	ETA do Covão	500.000	537.0	Ambos	1
2	Covão	2000.000	500.0	Covão-Lourencinha	2
3	Pico e Salões	301.000	296.0	Covão-Lourencinha	2
4	Lourencinha	139.000	232.0	Covão-Lourencinha	1
5	Pico da Torre	929.000	172.0	Covão-Lourencinha	2
6	Pé do Pico	445.000	62.0	Covão-Lourencinha	2
7	Pico do Galo	452.000	520.0	Covão-Estreito	2
8	Calvário	422.000	534.0	Covão-Estreito	3
9	Romeiras	421.000	721.0	Covão-Estreito	2
10	Corticeiras	421.000	782.0	Covão-Estreito	2
11	Corrida	283.000	998.0	Covão-Estreito	2
12	Garachico	746.000	509.0	Covão-Estreito	2
13	Nogueira	309.000	518.0	Covão-Estreito	2
14	Ribeira-Garcia	382.000	552.0	Covão-Estreito	2
15	Cruz da Caldeira	216.000	656.0	Covão-Estreito	2
16	Fontainhas	109.000	957.0	Covão-Estreito	2
17	Quinta Grande	935.000	518.0	Covão-Estreito	2

Anexo 7

Tabela 44 - Cotas altimétricas contínuas da conduta principal do arruamento principal

Altimetria da Condução Principal (Avenida da Nova Cidade)				
Condução	Cota montante (m)	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota Jusante (m)
127	52.80	18.76	0.051	51.84
128	51.84	39.47	0.051	49.81
79	49.81	0.49	0.051	49.79
125	49.79	10.49	0.051	49.25
126	49.25	14.50	0.051	48.50
80	48.50	25.64	0.051	47.19
81	47.19	0.41	0.051	47.17
123	47.17	22.68	0.051	46.00
124	46.00	43.84	0.051	43.75
104	43.75	14.95	0.051	42.98
105	42.98	17.46	0.051	42.09
106	42.09	9.01	0.051	41.62
107	41.62	13.79	0.051	40.92
108	40.92	10.23	0.051	40.39
109	40.39	2.99	0.051	40.24
110	40.24	3.57	0.051	40.05
111	40.05	5.81	0.051	39.76
112	39.76	7.73	0.051	39.36
113	39.36	6.00	0.051	39.05
114	39.05	12.06	0.051	38.43
85	38.43	2.30	0.051	38.31
97	38.31	4.91	0.051	38.06
98	38.06	8.62	0.051	37.62
99	37.62	16.55	0.051	36.77
100	36.77	12.23	0.051	36.14
101	36.14	9.62	0.051	35.65
102	35.65	8.13	0.051	35.23
103	35.23	30.49	0.051	33.66
218	33.66	11.70	0.051	33.06
219	33.06	4.71	0.051	32.82
220	32.82	6.23	0.051	32.50
221	32.50	4.08	0.051	32.29
222	32.29	6.86	0.051	31.94
223	31.94	1.27	0.051	31.88
224	31.88	14.53	0.051	31.13
225	31.13	13.07	0.051	30.46
226	30.46	30.57	0.051	28.89
227	28.89	0.45	0.051	28.87
228	28.87	1.02	0.051	28.81
229	28.81	2.24	0.051	28.70
Comprimento Total (m)		469.46		

Tabela 45 - Cotas altimétricas dos pontos de montante e jusante dos trainéis do arruamento secundário

Rua de São Cândido			
Cota inicial do trainel da Entrada (m)	Cota final do trainel da entrada (m)	Comprimento do Trainel da entrada (m)	Inclinação do trainel da entrada (%)
49.81	52.80	29.28	10.21
Cota inicial do trainel principal (m)	Cota final do trainel principal (m)	Comprimento do Trainel principal (m)	Inclinação do trainel principal (m)
52.80	45.40	161.97	4.57

Tabela 46 - Cotas altimétricas da conduta secundária do arruamento secundário

Altimetria da Conduta Secundária (Rua de São Cândido)				
Conduta	Cota Montante (m)	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota Jusante (m)
73	49.81	1.20	0.102	49.93
94	49.93	2.44	0.102	50.18
118	50.18	10.02	0.102	51.21
119	51.21	14.81	0.102	52.72
120	52.72	0.81	0.102	52.80
121	52.80	0.98	0.046	52.76
122	52.76	7.99	0.046	52.39
115	52.39	12.44	0.046	51.82
116	51.82	24.60	0.046	50.70
117	50.70	19.82	0.046	49.79
84	49.79	12.90	0.046	49.20
168	49.20	4.04	0.046	49.02
169	49.02	30.25	0.046	47.64
83	47.64	0.63	0.046	47.61
82	47.61	19.25	0.046	46.73
95	46.73	14.90	0.046	46.05
96	46.05	1.16	0.046	45.99
165	45.99	2.40	0.046	45.88
166	45.88	3.90	0.046	45.71
167	45.71	6.71	0.046	45.40
Comprimento Total (m)		191.25		

Anexo 8

Tabela 47 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco A

BLOCO A				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
<i>Conduta Secundária ao lado do Futuro Centro de Saúde</i>				
88	38.43	5.32	0.03	38.27
180	38.27	0.34	0.03	38.26
181	38.26	0.47	0.03	38.25
182	38.25	19	0.03	37.68
183	37.68	0.28	0.03	37.67
<i>Ramal de Ligação ao lado da Futuro Centro de Saúde</i>				
55	38.26	2.05	0.03	38.20
230	38.20	0.75	0.03	38.18
231	38.18	2.27	0.03	38.11
232	37.68	0.40	0.03	37.67
233	37.67	0.44	0.03	37.65
234	37.65	0.24	0.03	37.65
<i>Conduta secundária proveniente do Bloco B</i>				
136	39.14	3.18	0.03	39.05
263	39.05	0.74	0.03	39.02
264	39.02	9.78	0.03	38.73
265	38.73	11.06	0.03	38.40
<i>Ramais de ligação da conduta secundária proveniente do Bloco B</i>				
11	39.05	9.11	0.03	38.77
14	39.02	2.05	0.03	38.96
15	38.73	2.48	0.03	38.66
16	38.40	2.61	0.03	38.32

Tabela 48 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco B

BLOCO B				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
<i>Conduta Secundária Principal</i>				
78	40.92	4.15	0.03	40.79
77	40.79	5.77	0.03	40.62
140	40.62	5.79	0.03	40.44
141	40.44	0.52	0.03	40.43
142	40.43	6.50	0.03	40.23
143	40.23	2.48	0.03	40.16
144	40.16	5.23	0.03	40.00
133	40.00	5.50	0.03	39.84
268	39.84	2.60	0.03	39.76

269	39.76	5.35	0.03	39.60
266	39.60	3.70	0.03	39.49
267	39.49	11.55	0.03	39.14
Ramais de Ligação				
255	40.44	2.79	0.03	40.36
256	40.36	2.08	0.03	40.30
253	40.43	2.97	0.03	40.34
254	40.34	3.13	0.03	40.25
257	39.84	7.42	0.03	39.62
258	39.62	2.25	0.03	39.55
9	39.76	1.90	0.03	39.70
259	39.60	8.91	0.03	39.33
260	39.33	1.35	0.03	39.29
13	39.49	2.31	0.03	39.42
12	39.14	2.18	0.03	39.08

Tabela 49 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco C

BLOCO C				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Ramais de Ligação				
18	46.05	6.85	0.03	45.84
241	45.71	0.57	0.03	45.69
242	45.69	2.20	0.03	45.62
10	45.40	2.43	0.03	45.33
245	45.40	2.96	0.03	45.31
246	45.31	3.52	0.03	45.21
247	45.21	1.15	0.03	45.17
248	45.17	1.12	0.03	45.14
249	45.14	2.04	0.03	45.08

Tabela 50 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco D

BLOCO D				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária				
87	47.61	6.13	0.03	47.42
184	47.42	11.39	0.03	47.08
185	47.08	0.26	0.03	47.07
186	47.07	0.16	0.03	47.07
187	47.07	0.68	0.03	47.05
270	47.05	2.69	0.03	46.97
271	46.97	2.59	0.03	46.89
272	46.89	5.39	0.03	46.73

273	46.73	8.91	0.03	46.46
274	46.46	7.94	0.03	46.22
275	46.22	8.32	0.03	45.97
276	45.97	7.20	0.03	45.76
Ramais de Ligação				
67	46.73	5.95	0.03	46.55
91	46.55	0.61	0.03	46.53
23	46.97	1.98	0.03	46.91
28	46.89	9.75	0.03	46.60
22	46.73	1.76	0.03	46.68
21	46.46	1.85	0.03	46.41
20	46.22	1.72	0.03	46.17
19	45.97	2.02	0.03	45.91
7	45.76	1.73	0.03	45.71
Ramal proveniente do Bloco E				
210	46.90	1.19	0.03	46.87
211	46.87	0.54	0.03	46.85
212	46.85	0.48	0.03	46.84
213	46.84	39.69	0.03	45.65
214	45.65	6.71	0.03	45.44
215	45.44	2.57	0.03	45.37

Tabela 51 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco E

BLOCO E				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária 1				
86	47.64	6.73	0.03	47.43
63	47.43	5.54	0.03	47.27
66	47.27	12.18	0.03	46.90
Conduta Secundária 2				
277	47.27	2.20	0.03	47.20
278	47.20	10.42	0.03	46.89
279	46.89	9.16	0.03	46.61
280	46.61	8.60	0.03	46.36
Ramais de Ligação				
61	46.90	4.24	0.03	46.78
27	47.20	2.40	0.03	47.13
26	46.89	1.08	0.03	46.86
25	46.61	1.12	0.03	46.58
24	46.36	1.12	0.03	46.32

Tabela 52 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco F

BLOCO F				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária 1				
89	49.20	2.69	0.03	49.12
64	49.12	9.53	0.03	48.84
216	48.84	8.63	0.03	48.58
Conduta Secundária 2				
281	48.84	2.37	0.03	48.77
282	48.77	10.52	0.03	48.45
283	48.45	10.70	0.03	48.13
284	48.13	8.58	0.03	47.87
139	47.87	0.10	0.03	47.87
188	47.87	0.89	0.03	47.84
189	47.84	0.80	0.03	47.82
190	47.82	0.69	0.03	47.80
191	47.80	5.56	0.03	47.63
Ramais de Ligação				
217	48.58	0.28	0.03	48.57
30	48.77	1.63	0.03	48.72
29	48.45	1.51	0.03	48.40
5	48.13	1.54	0.03	48.08
4	47.87	1.80	0.03	47.81
192	47.63	0.29	0.03	47.62

Tabela 53 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco G

BLOCO G				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária				
76	47.17	1.17	0.03	47.13
193	47.13	15.75	0.03	46.66
194	46.66	0.53	0.03	46.64
170	46.64	0.45	0.03	46.63
171	46.63	5.30	0.03	46.47
172	46.47	0.16	0.03	46.46
173	46.46	0.58	0.03	46.45
174	46.45	0.14	0.03	46.44
175	46.44	4.59	0.03	46.31
285	46.31	7.90	0.03	46.07
286	46.07	0.85	0.03	46.04
177	46.04	7.29	0.03	45.82
287	45.82	8.16	0.03	45.58

288	45.58	6.32	0.03	45.39
179	45.39	1.08	0.03	45.36
289	45.36	0.47	0.03	45.34
290	45.34	1.51	0.03	45.30
130	45.30	0.35	0.03	45.29
131	45.29	0.29	0.03	45.28
132	45.28	1.39	0.03	45.24
160	45.24	2.42	0.03	45.16
161	45.16	1.01	0.03	45.13
162	45.13	2.72	0.03	45.05
163	45.05	24.51	0.03	44.32
164	44.32	8.41	0.03	44.06
Ramais de Ligação				
31	46.46	1.87	0.03	46.41
2	46.44	9.83	0.03	46.15
32	46.31	1.83	0.03	46.25
33	46.07	1.44	0.03	46.02
34	45.82	1.37	0.03	45.78
35	45.58	1.63	0.03	45.53
243	45.39	4.82	0.03	45.24
244	45.24	5.67	0.03	45.07
36	45.34	1.61	0.03	45.29
51	44.06	1.15	0.03	44.03
52	44.06	1.26	0.03	44.03
261	42.98	1.54	0.03	42.94
262	42.94	6.08	0.03	42.75
58	43.75	1.92	0.03	43.69
70	43.69	1.62	0.03	43.64
60	49.79	6.77	0.03	49.59
90	49.59	1.25	0.03	49.55

Tabela 54 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco H

BLOCO H				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária				
75	47.19	1.74	0.03	47.13
156	47.13	15.20	0.03	46.68
157	46.68	0.83	0.03	46.65
158	46.65	0.82	0.03	46.63
159	46.63	1.73	0.03	46.58
145	46.58	0.71	0.03	46.56
146	46.56	0.73	0.03	46.53

147	46.53	6.24	0.03	46.35
148	46.35	1.13	0.03	46.31
149	46.31	9.47	0.03	46.03
150	46.03	0.78	0.03	46.00
151	46.00	7.48	0.03	45.78
152	45.78	3.02	0.03	45.69
153	45.69	3.77	0.03	45.58
154	45.58	4.75	0.03	45.43
155	45.43	1.83	0.03	45.38
Ramais de Ligação				
43	46.56	2.14	0.03	46.49
3	46.53	11.04	0.03	46.20
44	46.35	10.11	0.03	46.04
42	46.31	1.77	0.03	46.26
41	46.03	1.61	0.03	45.98
45	46.00	10.09	0.03	45.70
40	45.78	1.62	0.03	45.73
47	45.69	10.04	0.03	45.39
39	45.58	1.77	0.03	45.52
46	45.43	10.23	0.03	45.13
38	45.38	1.60	0.03	45.33

Tabela 55 - Cotas Altimétricas das condutas enterradas do Bloco I

BLOCO I				
Conduta	Cota Montante	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Conduta Secundária				
92	52.39	2.16	0.03	52.33
69	52.33	9.95	0.03	52.03
291	52.03	1.92	0.03	51.97
292	51.97	4.98	0.03	51.82
293	51.82	5.83	0.03	51.64
Ramais de Ligação				
54	51.97	1.64	0.03	51.92
17	51.82	1.95	0.03	51.76
6	51.64	1.95	0.03	51.59

Tabela 56 - Cotas Altimétricas das condutas não designadas a nenhuma infraestrutura

Conduta	Cota Montante (m)	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
Ramais não designados				
56	33.66	0.67	0.03	33.64
57	33.64	3.53	0.03	33.54
235	31.94	0.45	0.03	31.93
236	31.93	8.01	0.03	31.69

Tabela 57 - Cotas altimétricas das condutas enterradas da Escola Primária

Escola Primária				
Conduta	Cota Montante (m)	Comprimento (m)	Inclinação (%)	Cota de Jusante (m)
<i>Ramais de Ligação</i>				
53	51.21	9.17	0.03	50.93
93	50.17	2.18	0.03	50.11
237	50.11	3.86	0.03	49.99
238	49.99	0.28	0.03	49.99
239	49.99	0.26	0.03	49.98
240	49.98	1.55	0.03	49.93
37	50.11	2.53	0.03	50.03

Tabela 58 - Cotas altimétricas das tubagens enterradas dos Blocos habitacionais e comerciais C, D, E, F, G, H, destinadas ao combate de incêndios

Tubagens destinadas ao combate de incêndios				
Blocos habitacionais e comerciais C, D, E, F, G, H, I e Escola Primária				
<i>Conduta secundária inserida no lancil da Avenida da Nova Cidade</i>				
195	50.18	25.50	0.05	48.87
196	48.87	0.05	0.05	48.87
197	48.87	0.06	0.05	48.87
198	48.87	0.50	0.05	48.84
74	48.84	0.07	0.05	48.84
199	48.84	17.58	0.05	47.94
200	47.94	10.46	0.05	47.40
201	47.40	17.67	0.05	46.49
202	46.49	23.01	0.05	45.31
203	45.31	22.70	0.05	44.14
204	44.14	15.63	0.05	43.34
205	43.34	18.33	0.05	42.40
206	42.40	2.27	0.05	42.28
207	42.28	17.25	0.05	41.40
<i>Ramais de Ligação</i>				
59	49.79	1.72	0.03	49.73
72	49.73	0.41	0.03	49.72
50	45.31	0.89	0.03	45.28
49	43.34	1.13	0.03	43.31
48	42.28	1.06	0.03	42.25
1	41.40	1.21	0.03	41.36

Tabela 59 - Cotas altimétricas das tubagens enterradas destinadas ao combate de incêndios dos Blocos A, B e do Centro de Saúde e Lar de Idosos

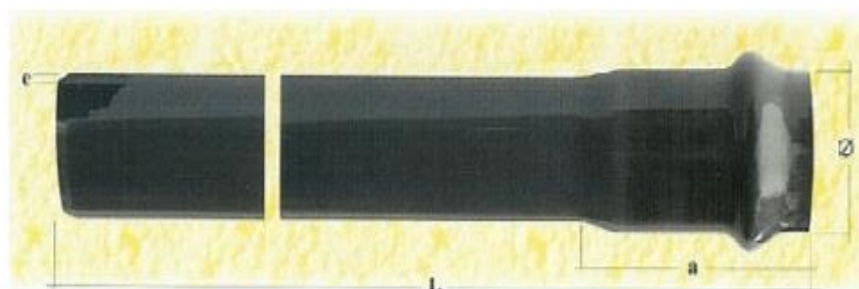
Tubagens destinadas ao combate de incêndios				
Bloco A e B e Futuro Centro de Saúde				
65	38.31	0.98	0.03	38.28
71	38.28	1.64	0.03	38.23

Anexo 9

TUBOS

HIDROPRESS

TUBOS



Referência Referencia	Pressão de serviço Presión de servicio (Kg/cm ²)	Dimensões Dimensiones			
		e (mm)	a (mm)	Ø (mm)	L (m)
63 TL - OR - AL	6	1,9	112	63	6
	10	3,0			
	16	4,7			
75 TL - OR - AL	6	2,2	119	75	6
	10	3,6			
	16	5,6			
90 TL - OR - AL	6	2,7	127	90	6
	10	4,3			
	16	6,7			
100 TL - OR - AL	6	3,2	139	110	6
	10	5,3			
	16	8,2			
125 TL - OR - AL	6	3,7	146	125	6
	10	6,0			
	16	9,3			
140 TL - OR - AL	6	4,1	154	140	6
	10	6,7			
	16	10,4			
160 TL - OR - AL	6	4,7	167	160	6
	10	7,7			
	16	11,9			
200 TL - OR - AL	6	5,9	182	200	6
	10	9,6			
	16	14,9			
250 TL - OR - AL	6	7,3	208,5	250	6
	10	11,9			
	16	18,6			
315 TL - OR - AL	6	9,2	218	315	6
	10	15,0			
	16	23,4			
400 TL - OR - AL	6	11,7	260	400	6
	10	19,1			
	16	29,7			
500 TL - OR - AL	6	14,6	300	500	6
	10	23,8			
630 TL - OR - AL	6	18,4	-	630	6
	10	30,0			
710 TL - OR - AL	6	20,7	-	710	6
	10	33,8			
800 TL - OR - AL	6	23,3	-	800	6
	10	38,1			

Ref. TL - TUBO LISO Ref. OR - C/ JUNTA INTEGRAL Ref. AL - C/ ABOCAMENTO POR COLAGEM
 Ref. TL - TUBO LISO Ref. OR - C/ JUNTA INTEGRAL Ref. AL - C/ UNIÓN POR ENCOLADO

Figura 78 - Catalogo de diâmetros e pressões de serviço de tubos em PVC da empresa POLITEJO

Anexo 10

Tabela 60 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO A

Nome do edifício	BLOCO A						
Localização (Nós)	252	32	30	28	22	255	212
Tipo de consumo	Doméstico		Tipo de consumo		Serviços e Comércio		
Número de pisos servidos	4		Área (m ²)		252.37		
Número Consumidores p/piso	12						
Número de Consumidores Total	48						
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792		Consumo diário (L/m ²)		40		
Consumo instantâneo (L/s)	0.125		Consumo instantâneo (L/s)		0.1168		
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.2417						
Nº Pontos de Consumo	7						
Consumo por derivação (L/s)	0.0345						

Tabela 61 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO B

Nome do edifício	BLOCO B						
Localização (Nós)	24	26	281	18	279	275	277
Tipo de consumo	Doméstico		Tipo de consumo		Serviços e Comércio		
Número de pisos servidos	4		Área (m ²)		333.55		
Número Consumidores p/piso	16						
Número de Consumidores Total	64						
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792		Consumo diário (L/m ²)		40		
Consumo instantâneo (L/s)	0.1665		Consumo instantâneo (L/s)		0.1544		
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.3209						
Nº Pontos de Consumo	7						
Consumo por derivação (L/s)	0.0458						

Tabela 62 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO C

Nome do edifício	BLOCO C			
Localização (Nós)	270	20	263	36
Tipo de consumo	Doméstico			
Número de pisos servidos	5			
Número Consumidores p/piso	12			
Número de consumidores total	60			
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792			
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.1561			
Nº Pontos de Consumo	4			
Consumo por derivação (L/s)	0.0390			

Tabela 63 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO D

Nome do edifício	BLOCO D								
Localização (Nós)	14	38	40	42	44	56	46	236	
Tipo de consumo	Comerciais (Bares, Cafés e similares)								
Piso	R/C								
Área (m ²)	570.96								
Consumo (L/m ²)	40								
Consumo total (L/s)	0.264								
Nº Pontos de Consumo	8								
Consumo por derivação (L/s)	0.0330								
Localização (Nó)	153								
Tipo de consumo	Doméstico								
Número de pisos servidos	4								
Número Consumidores 1º Piso	30								
Número de consumidores total	120								
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792								
Consumo total (L/s)	0.312								
Nº Pontos de Consumo	1								
Consumo por derivação (L/s)	0.312								

Tabela 64 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO E

Nome do edifício	BLOCO E				
Localização (Nós)	48	50	52	54	120
Tipo de consumo	Doméstico				
Número de pisos servidos	4				
Número Consumidores p/piso	24				
Número de consumidores total	96				
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792				
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.2498				
Nº Pontos de Consumo	5				
Consumo por derivação (L/s)	0.0500				

Tabela 65 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO F

Nome do edifício	BLOCO F					
Localização (Nós)	8	10	58	60	221	238
Tipo de consumo	Doméstico					
Número de pisos servidos	4					
Número Consumidores p/piso	24					
Número de consumidores total	96					
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792					
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.2498					
Nº Pontos de Consumo	6					
Consumo por derivação (L/s)	0.0416					

Tabela 66 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO I

Nome do edifício	BLOCO I		
Localização (Nós)	12	34	107
Tipo de consumo	Doméstico		
Número de pisos servidos	4		
Número Consumidores p/piso	8		
Número de consumidores total	32		
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792		
Consumo instantâneo Total (L/s)	0.0833		
Nº Pontos de Consumo	3		
Consumo por derivação (L/s)	0.0278		

Tabela 67 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO G

Nome do edifício	BLOCO G							
Localização (Nós)	4	62	64	66	68	70	72	265
Tipo de consumo	Comerciais (Bares, Cafés e similares)							
Piso	R/C							
Área (m ²)	636.36							
Consumo (L/m ²)	40							
Consumo total (L/s)	0.295							
Nº Pontos de Consumo	8							
Consumo por derivação (L/s)	0.037							
Localização (Nó)	152							
Tipo de consumo	Doméstico							
Número de pisos servidos	4							
Número Consumidores 1º Piso	30							
Número de consumidores total	120							
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792							
Consumo total (L/s)	0.312							
Nº Pontos de Consumo	1							
Consumo por derivação (L/s)	0.312							
Nome do edifício	SUPERMERCADO							
Localização (Nó)	283	102			103			
Tipo de Consumo	Comerciais (Bares, Cafés e similares)							
Área (m ²)	525.22							
Consumo (L/m ²)	40							
Consumo Total (L/s)	0.243							
Nº Pontos de Consumo	3							
Consumo por derivação (L/s)	0.081							

Tabela 68 - Caracterização do consumo por derivação para o BLOCO H

Nome do edifício	BLOCO H									
Localização (Nós)	6	86	88	84	90	80	94	78	92	76
Tipo de consumo	Comerciais (Bares, Cafés e similares)									
Piso	R/C									
Área (m ²)	561.58									
Consumo (L/m ²)	40									
Consumo total (L/s)	0.260									
Nº Pontos de Consumo	10									
Consumo por derivação (L/s)	0.026									
Localização (Nó)	285									
Tipo de consumo	Doméstico									
Número de pisos servidos	4									
Número Consumidores 1º Piso	30									
Número de consumidores total	120									
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	224.792									
Consumo total (L/s)	0.312									
Nº Pontos de Consumo	1									
Consumo por derivação (L/s)	0.312									

Tabela 69 - Caracterização do consumo por derivação para a Escola Primária

Nome do edifício	ESCOLA PRIMÁRIA		
Localização (Nós)	105	261	74
Tipo de consumidor	Alunos	Funcionários	
Número de consumidores total	150	20	
Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/dia)	40	50	
Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/s)	0.0005	0.0006	
Consumo total (L/s)	0.0694	0.0116	
Nº de pontos de consumo	3		
Consumo por derivação (L/s)	0.0270		

Tabela 70 - Caracterização do consumo por derivação para o Centro de Saúde e Lar de Idosos

Nome do edifício	Futuro Centro de Saúde		Futuro Lar de Idosos
Localização (Nós)	273		16
Tipo de consumidor	Camas	Consultórios	Camas
Número de consumidores	12	7	80
Consumo <i>per capita</i> (L/unidade/dia)	800	500	350
Consumo <i>per capita</i> (L/unidade/s)	0.0093	0.0058	0.0041
Consumo total (L/s)	0.111	0.041	0.324
Consumo total (L/s)	0.152		0.324
nº de derivações de consumo	1		1
Consumo total por derivação (L/s)	0.152		0.324

Tabela 71 - Caracterização do consumo da Cidade de Câmara de Lobos para designação do consumo ao ponto de jusante do arruamento em estudo

Nome	Estimativa do consumo da Vila de Câmara de Lobos
Nó	250
Tipo de consumidor	Vários
Número de consumidores	2000
Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/dia)	121.9
Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/s)	0.0014
Consumo Total (L/s)	2.822

Anexo 11**Tabela 72 - Variação do Fator de Ponta horário considerada**

Horas	Fator de ponta horário
00:00	0.07
01:00	0.07
02:00	0.10
03:00	0.13
04:00	0.22
05:00	0.70
06:00	1.15
07:00	2.99
08:00	2.99
09:00	1.15
10:00	0.75
11:00	0.35
12:00	1.05
13:00	0.95
14:00	0.60
15:00	0.45
16:00	0.75
17:00	1.16
18:00	2.99
19:00	2.99
20:00	1.14
21:00	0.76
22:00	0.40
23:00	0.08
Média	1.00

Anexo 12

Tabela 73 - Parâmetro pressão verificado em todo o sistema no Modelo Base em análise à hora de ponta (08:00)

MODELACAO AV NOVA CIDADE – Modelo Base					
Dados da rede – Nós às 08:00 Horas					
ID do Nó	Elevação	Consumo base	Consumo instantâneo	Cota piezométrica	Pressão
	m	LPS	LPS	m	m
NÓ250	28.7	2.882	8.62	181.67	152.97
NÓ249	28.81	0	0	181.67	152.86
NÓ248	28.87	0	0	181.68	152.81
NÓ247	28.89	0	0	181.68	152.79
NÓ246	30.46	0	0	181.75	151.29
NÓ245	31.13	0	0	181.79	150.66
NÓ257	31.69	0	0	181.82	150.13
NÓ244	31.88	0	0	181.82	149.94
NÓ256	31.93	0	0	181.82	149.89
NÓ243	31.94	0	0	181.82	149.88
NÓ242	32.29	0	0	181.84	149.55
NÓ241	32.5	0	0	181.85	149.35
NÓ240	32.82	0	0	181.87	149.05
NÓ239	33.06	0	0	181.88	148.82
NÓ112	33.54	0	0	181.91	148.37
NÓ111	33.64	0	0	181.91	148.27
NÓ110	33.66	0	0	181.91	148.25
NÓ162	35.23	0	0	181.98	146.75
NÓ161	35.65	0	0	182	146.35
NÓ160	36.14	0	0	182.03	145.89
NÓ273	36.24	0.1516	0.45	181.34	145.1
NÓ272	36.55	0	0	181.76	145.21
NÓ271	36.73	0	0	182	145.27
NÓ159	36.77	0	0	182.06	145.29
NÓ158	37.62	0	0	182.1	144.48
NÓ255	37.65	0.0345	0.1	182.03	144.38
NÓ254	37.65	0	0	182.03	144.38
NÓ253	37.67	0	0	182.03	144.36
NÓ212	37.67	0.0345	0.1	182.04	144.37
NÓ211	37.68	0	0	182.04	144.36
NÓ157	38.06	0	0	182.12	144.06
NÓ252	38.11	0.0345	0.1	182.02	143.91
NÓ16	38.18	0.3241	0.97	182.02	143.84
NÓ251	38.18	0	0	182.05	143.87
NÓ109	38.2	0	0	182.06	143.86
NÓ132	38.23	0	0	182.14	143.91

NÓ15	38.25	0	0	182.07	143.82
NÓ108	38.26	0	0	182.08	143.82
NÓ151	38.27	0	0	182.09	143.82
NÓ126	38.28	0	0	182.14	143.86
NÓ125	38.31	0	0	182.14	143.83
NÓ32	38.32	0.0345	0.1	181.88	143.56
NÓ31	38.4	0	0	181.89	143.49
NÓ149	38.43	0	0	182.14	143.71
NÓ30	38.66	0.0345	0.1	181.88	143.22
NÓ28	38.73	0.0345	0.1	181.89	143.16
NÓ29	38.73	0	0	181.89	143.16
NÓ22	38.77	0.0345	0.1	181.79	143.02
NÓ27	39.02	0	0	181.9	142.88
NÓ171	39.05	0	0	182.19	143.14
NÓ21	39.05	0	0	181.9	142.85
NÓ24	39.08	0.0458	0.14	181.89	142.81
NÓ23	39.14	0	0	181.9	142.76
NÓ281	39.29	0.0458	0.14	181.74	142.45
NÓ280	39.33	0	0	181.77	142.44
NÓ170	39.36	0	0	182.21	142.85
NÓ26	39.42	0.0458	0.14	181.92	142.5
NÓ25	39.49	0	0	181.93	142.44
NÓ279	39.55	0.0458	0.14	181.8	142.25
NÓ188	39.6	0	0	181.94	142.34
NÓ278	39.62	0	0	181.84	142.22
NÓ18	39.7	0.0458	0.14	181.96	142.26
NÓ169	39.76	0	0	182.23	142.47
NÓ17	39.76	0	0	181.97	142.21
NÓ187	39.84	0	0	181.99	142.15
NÓ186	40	0	0	182.04	142.04
NÓ168	40.05	0	0	182.25	142.2
NÓ193	40.16	0	0	182.08	141.92
NÓ192	40.23	0	0	182.09	141.86
NÓ167	40.24	0	0	182.26	142.02
NÓ275	40.25	0.0458	0.14	182.02	141.77
NÓ277	40.3	0.0458	0.14	182.05	141.75
NÓ274	40.34	0	0	182.08	141.74
NÓ276	40.36	0	0	182.09	141.73
NÓ166	40.39	0	0	182.27	141.88
NÓ191	40.43	0	0	182.14	141.71
NÓ190	40.44	0	0	182.14	141.7
NÓ143	40.62	0	0	182.21	141.59
NÓ142	40.79	0	0	182.27	141.48
NÓ144	40.92	0	0	182.31	141.39
NÓ2	41.36	0	0	183.06	141.7

NÓ1	41.4	0	0	183.06	141.66
NÓ165	41.62	0	0	182.37	140.75
NÓ164	42.09	0	0	182.41	140.32
NÓ96	42.25	0	0	183.06	140.81
NÓ95	42.28	0	0	183.06	140.78
NÓ230	42.4	0	0	183.06	140.66
NÓ283	42.75	0.081	0.24	182.48	139.73
NÓ282	42.94	0	0	182.48	139.54
NÓ163	42.98	0	0	182.48	139.5
NÓ98	43.31	0	0	183.06	139.75
NÓ97	43.34	0	0	183.06	139.72
NÓ131	43.64	0	0	182.55	138.91
NÓ114	43.69	0	0	182.55	138.86
NÓ113	43.75	0	0	182.55	138.8
NÓ103	44.03	0.081	0.24	174.6	130.57
NÓ102	44.03	0.081	0.24	174.6	130.57
NÓ101	44.06	0	0	174.66	130.6
NÓ229	44.14	0	0	183.06	138.92
NÓ201	44.32	0	0	176.18	131.86
NÓ200	45.05	0	0	180.59	135.54
NÓ265	45.07	0.037	0.11	182.2	137.13
NÓ270	45.08	0.039	0.12	180.79	135.71
NÓ199	45.13	0	0	181.08	135.95
NÓ92	45.13	0.026	0.08	182.6	137.47
NÓ269	45.14	0	0	180.82	135.68
NÓ198	45.16	0	0	181.26	136.1
NÓ268	45.17	0	0	180.84	135.67
NÓ267	45.21	0	0	180.85	135.64
NÓ185	45.24	0	0	181.7	136.46
NÓ264	45.24	0	0	182.28	137.04
NÓ100	45.28	0	0	183.06	137.78
NÓ184	45.28	0	0	181.95	136.67
NÓ72	45.29	0.037	0.11	182.33	137.04
NÓ183	45.29	0	0	182	136.71
NÓ182	45.3	0	0	182.07	136.77
NÓ99	45.31	0	0	183.06	137.75
NÓ266	45.31	0	0	180.91	135.6
NÓ20	45.33	0.039	0.12	180.94	135.61
NÓ76	45.33	0.026	0.08	182.67	137.34
NÓ71	45.34	0	0	182.34	137
NÓ181	45.36	0	0	182.34	136.98
NÓ236	45.37	0.033	0.1	180.88	135.51
NÓ75	45.38	0	0	182.68	137.3
NÓ210	45.39	0	0	182.34	136.95
NÓ94	45.39	0.026	0.08	182.6	137.21

NÓ19	45.4	0	0	180.95	135.55
NÓ91	45.43	0	0	182.68	137.25
NÓ235	45.44	0	0	180.89	135.45
NÓ78	45.52	0.026	0.08	182.67	137.15
NÓ70	45.53	0.037	0.11	182.36	136.83
NÓ77	45.58	0	0	182.68	137.1
NÓ69	45.58	0	0	182.37	136.79
NÓ263	45.62	0.039	0.12	180.94	135.32
NÓ234	45.65	0	0	180.89	135.24
NÓ262	45.69	0	0	180.95	135.26
NÓ93	45.69	0	0	182.68	136.99
NÓ90	45.7	0.026	0.08	182.62	136.92
NÓ203	45.71	0	0	180.96	135.25
NÓ80	45.73	0.026	0.08	182.68	136.95
NÓ13	45.76	0	0	180.89	135.13
NÓ14	45.76	0.033	0.1	180.88	135.12
NÓ68	45.78	0.037	0.11	182.4	136.62
NÓ79	45.78	0	0	182.68	136.9
NÓ67	45.82	0	0	182.41	136.59
NÓ36	45.84	0.039	0.12	180.86	135.02
NÓ202	45.88	0	0	180.96	135.08
NÓ38	45.91	0.033	0.1	180.88	134.97
NÓ37	45.97	0	0	180.89	134.92
NÓ82	45.98	0.026	0.08	182.69	136.71
NÓ156	45.99	0	0	180.96	134.97
NÓ89	46	0	0	182.69	136.69
NÓ177	46	0	0	182.74	136.74
NÓ66	46.02	0.037	0.11	182.46	136.44
NÓ81	46.03	0	0	182.69	136.66
NÓ88	46.04	0.026	0.08	182.64	136.6
NÓ209	46.04	0	0	182.46	136.42
NÓ35	46.05	0	0	180.96	134.91
NÓ65	46.07	0	0	182.46	136.39
NÓ4	46.15	0.037	0.11	182.44	136.29
NÓ40	46.17	0.033	0.1	180.89	134.72
NÓ6	46.2	0.026	0.08	182.66	136.46
NÓ39	46.22	0	0	180.89	134.67
NÓ64	46.25	0.037	0.11	182.52	136.27
NÓ84	46.26	0.026	0.08	182.71	136.45
NÓ63	46.31	0	0	182.53	136.22
NÓ83	46.31	0	0	182.72	136.41
NÓ48	46.32	0.05	0.15	180.9	134.58
NÓ87	46.35	0	0	182.72	136.37
NÓ47	46.36	0	0	180.91	134.55
NÓ62	46.41	0.037	0.11	182.57	136.16

NÓ42	46.41	0.033	0.1	180.89	134.48
NÓ3	46.44	0	0	182.57	136.13
NÓ208	46.45	0	0	182.57	136.12
NÓ41	46.46	0	0	180.9	134.44
NÓ61	46.46	0	0	182.58	136.12
NÓ207	46.47	0	0	182.58	136.11
NÓ86	46.49	0.026	0.08	182.74	136.25
NÓ228	46.49	0	0	183.06	136.57
NÓ153	46.53	0.312	0.93	180.96	134.43
NÓ5	46.53	0	0	182.75	136.22
NÓ128	46.55	0	0	180.96	134.41
NÓ85	46.56	0	0	182.75	136.19
NÓ50	46.58	0.05	0.15	180.9	134.32
NÓ194	46.58	0	0	182.75	136.17
NÓ56	46.6	0.033	0.1	180.81	134.21
NÓ49	46.61	0	0	180.91	134.3
NÓ206	46.63	0	0	182.66	136.03
NÓ197	46.63	0	0	182.76	136.13
NÓ205	46.64	0	0	182.66	136.02
NÓ196	46.65	0	0	182.76	136.11
NÓ222	46.66	0	0	182.67	136.01
NÓ195	46.68	0	0	182.77	136.09
NÓ44	46.68	0.033	0.1	180.9	134.22
NÓ43	46.73	0	0	180.91	134.18
NÓ127	46.73	0	0	180.97	134.24
NÓ120	46.78	0.05	0.15	180.94	134.16
NÓ233	46.84	0	0	180.93	134.09
NÓ232	46.85	0	0	180.93	134.08
NÓ52	46.86	0.05	0.15	180.91	134.05
NÓ231	46.87	0	0	180.94	134.07
NÓ51	46.89	0	0	180.92	134.03
NÓ55	46.89	0	0	180.92	134.03
NÓ119	46.9	0	0	180.94	134.04
NÓ46	46.91	0.033	0.1	180.92	134.01
NÓ45	46.97	0	0	180.93	133.96
NÓ216	47.05	0	0	180.94	133.89
NÓ214	47.07	0	0	180.94	133.87
NÓ215	47.07	0	0	180.94	133.87
NÓ213	47.08	0	0	180.94	133.86
NÓ141	47.13	0	0	182.83	135.7
NÓ139	47.13	0	0	182.84	135.71
NÓ54	47.13	0.05	0.15	180.93	133.8
NÓ140	47.17	0	0	182.84	135.67
NÓ138	47.19	0	0	182.85	135.66
NÓ53	47.2	0	0	180.94	133.74

NÓ121	47.27	0	0	180.94	133.67
NÓ227	47.4	0	0	183.06	135.66
NÓ150	47.42	0	0	180.98	133.56
NÓ122	47.43	0	0	180.97	133.54
NÓ146	47.61	0	0	181	133.39
NÓ221	47.62	0.0416	0.12	181.11	133.49
NÓ220	47.63	0	0	181.11	133.48
NÓ147	47.64	0	0	181	133.36
NÓ219	47.8	0	0	181.11	133.31
NÓ8	47.81	0.0416	0.12	181.1	133.29
NÓ218	47.82	0	0	181.11	133.29
NÓ217	47.84	0	0	181.11	133.27
NÓ7	47.87	0	0	181.11	133.24
NÓ189	47.87	0	0	181.11	133.24
NÓ226	47.94	0	0	183.06	135.12
NÓ10	48.08	0.0416	0.12	181.1	133.02
NÓ9	48.13	0	0	181.11	132.98
NÓ225	48.18	0	0	183.06	134.88
NÓ58	48.4	0.0416	0.12	181.12	132.72
NÓ57	48.45	0	0	181.12	132.67
NÓ145	48.5	0	0	183	134.5
NÓ238	48.57	0.0416	0.12	181.15	132.58
NÓ237	48.58	0	0	181.15	132.57
NÓ60	48.72	0.0416	0.12	181.14	132.42
NÓ59	48.77	0	0	181.15	132.38
NÓ124	48.84	0	0	181.15	132.31
NÓ137	48.84	0	0	183.06	134.22
NÓ136	48.84	0	0	183.06	134.22
NÓ223	48.87	0	0	183.06	134.19
NÓ224	48.87	0	0	183.06	134.19
NÓ204	49.02	0	0	181.17	132.15
NÓ123	49.12	0	0	181.19	132.07
NÓ148	49.2	0	0	181.2	132
NÓ178	49.25	0	0	183.09	133.84
NÓ152	49.55	0.479	1.43	181.3	131.75
NÓ118	49.59	0	0	181.3	131.71
NÓ133	49.72	0	0	183.15	133.43
NÓ116	49.73	0	0	183.15	133.42
NÓ115	49.79	0	0	183.15	133.36
NÓ117	49.79	0	0	181.31	131.52
NÓ134	49.81	0	0	183.15	133.34
NÓ261	49.93	0.027	0.08	182.95	133.02
NÓ135	49.93	0	0	183.12	133.19
NÓ260	49.98	0	0	182.97	132.99
NÓ258	49.99	0	0	182.97	132.98

NÓ259	49.99	0	0	182.97	132.98
NÓ74	50.03	0.027	0.08	182.98	132.95
NÓ73	50.11	0	0	183	132.89
NÓ155	50.18	0	0	183.06	132.88
NÓ173	50.7	0	0	181.62	130.92
NÓ105	50.93	0.027	0.08	182.76	131.83
NÓ104	51.21	0	0	182.83	131.62
NÓ285	51.56	0.312	0.93	182	130.44
NÓ12	51.59	0.0278	0.08	182.26	130.67
NÓ284	51.61	0	0	182	130.39
NÓ11	51.64	0	0	182.26	130.62
NÓ34	51.76	0.0278	0.08	182.26	130.5
NÓ172	51.82	0	0	182.01	130.19
NÓ33	51.82	0	0	182.26	130.44
NÓ180	51.84	0	0	183.63	131.79
NÓ107	51.92	0.0278	0.08	182.26	130.34
NÓ106	51.97	0	0	182.26	130.29
NÓ129	52.03	0	0	182.26	130.23
NÓ130	52.33	0	0	182.27	129.94
NÓ154	52.39	0	0	182.27	129.88
NÓ174	52.72	0	0	182.49	129.77
NÓ176	52.76	0	0	182.45	129.69
NÓ175	52.8	0	0	182.48	129.68
NÓ179	52.8	0	0	183.85	131.05
Resvr R5	183.85	#N/A	-20.73	183.85	0

Anexo 13

Tabela 74 - Parâmetro velocidade verificada em todo o sistema no Modelo Base em análise à hora de ponta (08:00)

MODELACAO AV NOVA CIDADE (Modelo base)							
Dados da rede - Conduas às 8:00 Horas							
Link ID	Diâmetro	Rugosidade	Caudal	Velocidade	Perda de carga contínua	Velocidade máxima	Verificação Velocidade Máxima
	mm	mm	LPS	m/s	m/km	m/s	
COND232	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.14	0.413	OK
COND195	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND196	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND207	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND230	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.18	0.413	OK
COND231	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.16	0.413	OK
COND200	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND201	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND202	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND197	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND198	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND199	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND74	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND290	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND132	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND131	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.07	0.413	KO
COND52	19.05	0.0015	0.24	0.85	53.23	0.413	KO
COND53	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND55	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND162	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND161	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.14	0.413	KO
COND160	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.12	0.413	KO
COND130	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.14	0.413	KO
COND164	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND163	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND203	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND243	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.71	0.413	OK
COND240	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND239	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND246	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND245	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND244	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.72	0.413	OK
COND206	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND234	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND233	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.18	0.413	OK

COND238	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.04	0.413	OK
COND237	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND205	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND247	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND259	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND258	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND257	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND204	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND260	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND93	19.05	0.0015	0.16	0.57	26.31	0.413	KO
COND253	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND249	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND248	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.02	0.413	OK
COND256	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND255	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND254	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND46	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND45	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND28	19.05	0.0015	0.1	0.35	11.28	0.413	OK
COND47	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND11	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND37	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND44	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND18	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND49	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND2	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.72	0.413	OK
COND1	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND50	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND3	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND48	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND51	19.05	0.0015	0.24	0.85	53.22	0.413	KO
COND251	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND252	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND16	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.14	0.463	OK
COND17	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.18	0.463	OK
COND24	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.92	0.463	OK
COND22	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.92	0.463	OK
COND23	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND19	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND20	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.92	0.463	OK
COND21	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND7	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND241	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.88	0.463	OK
COND242	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.86	0.463	OK
COND4	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK

COND5	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK
COND6	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.18	0.463	OK
COND9	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND14	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.15	0.463	OK
COND15	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.14	0.463	OK
COND250	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND10	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.87	0.463	OK
COND12	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND13	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND38	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND54	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.17	0.463	OK
COND35	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND36	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.53	0.463	OK
COND39	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.91	0.463	OK
COND42	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND43	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND40	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND41	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND30	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.31	0.463	OK
COND26	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.93	0.463	OK
COND27	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.91	0.463	OK
COND29	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.31	0.463	OK
COND25	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.91	0.463	OK
COND33	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND34	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND31	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND32	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND211	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.03	0.506	OK
COND212	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.01	0.506	OK
COND213	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND214	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.01	0.506	OK
COND215	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.01	0.506	OK
COND210	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND180	38.1	0.0015	1.28	1.12	36.61	0.545	KO
COND183	38.1	0.0015	0.1	0.09	0.4	0.545	OK
COND8	38.1	0.0015	0.97	0.85	22.41	0.545	KO
COND181	38.1	0.0015	1.18	1.03	31.55	0.545	KO
COND182	38.1	0.0015	0.21	0.18	1.52	0.545	OK
COND185	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.15	0.611	OK
COND186	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND187	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.15	0.611	OK
COND177	50.8	0.1524	0.93	0.46	6.57	0.611	OK
COND179	50.8	0.1524	0.6	0.29	2.88	0.611	OK
COND184	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND188	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK

COND192	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND193	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND194	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND189	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.12	0.611	OK
COND190	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND191	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND281	50.8	0.1524	0.62	0.31	3.13	0.611	OK
COND280	50.8	0.1524	0.15	0.07	0.23	0.611	OK
COND283	50.8	0.1524	0.37	0.18	1.23	0.611	OK
COND282	50.8	0.1524	0.5	0.25	2.08	0.611	OK
COND279	50.8	0.1524	0.3	0.15	0.83	0.611	OK
COND276	50.8	0.1524	0.1	0.05	0.07	0.611	OK
COND275	50.8	0.1524	0.2	0.1	0.4	0.611	OK
COND278	50.8	0.1524	0.45	0.22	1.72	0.611	OK
COND277	50.8	0.1524	0.6	0.3	2.91	0.611	OK
COND291	50.8	0.1524	0.25	0.12	0.6	0.611	OK
COND289	50.8	0.1524	0.6	0.29	2.89	0.611	OK
COND293	50.8	0.1524	0.08	0.04	0.05	0.611	OK
COND292	50.8	0.1524	0.17	0.08	0.3	0.611	OK
COND288	50.8	0.1524	0.71	0.35	3.96	0.611	OK
COND285	50.8	0.1524	1.04	0.51	8.12	0.611	OK
COND284	50.8	0.1524	-0.25	0.12	0.6	0.611	OK
COND287	50.8	0.1524	0.82	0.4	5.18	0.611	OK
COND286	50.8	0.1524	0.93	0.46	6.59	0.611	OK
COND263	50.8	0.1524	0.31	0.15	0.88	0.611	OK
COND262	50.8	0.0015	0.24	0.12	0.51	0.611	OK
COND265	50.8	0.1524	0.1	0.05	0.08	0.611	OK
COND264	50.8	0.1524	0.21	0.1	0.43	0.611	OK
COND261	50.8	0.0015	0.24	0.12	0.52	0.611	OK
COND217	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND216	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND236	50.8	0.0015	0	0	0	0.611	OK
COND235	50.8	0.0015	0	0	0	0.611	OK
COND272	50.8	0.1524	0.49	0.24	2.05	0.611	OK
COND271	50.8	0.1524	0.59	0.29	2.86	0.611	OK
COND274	50.8	0.1524	0.3	0.15	0.81	0.611	OK
COND273	50.8	0.1524	0.39	0.19	1.37	0.611	OK
COND270	50.8	0.1524	0.69	0.34	3.8	0.611	OK
COND267	50.8	0.1524	0.55	0.27	2.49	0.611	OK
COND266	50.8	0.1524	0.69	0.34	3.76	0.611	OK
COND269	50.8	0.1524	0.82	0.41	5.27	0.611	OK
COND268	50.8	0.1524	0.96	0.47	7.03	0.611	OK
COND175	50.8	0.1524	1.15	0.57	9.83	0.611	OK
COND136	50.8	0.1524	0.41	0.2	1.48	0.611	OK
COND139	50.8	0.1524	0.25	0.12	0.56	0.611	OK

COND133	50.8	0.1524	1.1	0.54	9.03	0.611	OK
COND63	50.8	0.0015	0.85	0.42	4.48	0.611	OK
COND61	50.8	0.0015	0.15	0.07	0.22	0.611	OK
COND140	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.48	0.611	KO
COND144	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.08	0.611	OK
COND145	50.8	0.1524	0.86	0.42	5.63	0.611	OK
COND143	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.07	0.611	OK
COND141	50.8	0.0015	1.23	0.61	8.73	0.611	OK
COND142	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.08	0.611	OK
COND64	50.8	0.0015	0.75	0.37	3.6	0.611	OK
COND87	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND86	50.8	0.0015	0.85	0.42	4.48	0.611	OK
COND88	50.8	0.0015	1.28	0.63	9.27	0.611	KO
COND92	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.53	0.611	OK
COND89	50.8	0.0015	0.75	0.37	3.6	0.611	OK
COND78	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.49	0.611	KO
COND69	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
COND66	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
COND75	50.8	0.0015	0.86	0.42	4.57	0.611	OK
COND77	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.49	0.611	KO
COND76	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND146	50.8	0.1524	0.78	0.38	4.74	0.611	OK
COND159	50.8	0.0015	0.86	0.42	4.57	0.611	OK
COND165	50.8	0.1524	0.35	0.17	1.1	0.611	OK
COND166	50.8	0.1524	0.35	0.17	1.1	0.611	OK
COND156	50.8	0.0015	0.86	0.42	4.57	0.611	OK
COND157	50.8	0.0015	0.86	0.42	4.55	0.611	OK
COND158	50.8	0.0015	0.86	0.42	4.58	0.611	OK
COND172	50.8	0.1524	1.37	0.68	13.72	0.611	KO
COND173	50.8	0.1524	1.26	0.62	11.71	0.611	KO
COND174	50.8	0.1524	1.26	0.62	11.69	0.611	KO
COND167	50.8	0.1524	0.23	0.12	0.53	0.611	OK
COND170	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND171	50.8	0.1524	1.37	0.68	13.72	0.611	KO
COND152	50.8	0.1524	0.31	0.15	0.89	0.611	OK
COND151	50.8	0.1524	0.39	0.19	1.33	0.611	OK
COND154	50.8	0.1524	0.16	0.08	0.26	0.611	OK
COND153	50.8	0.1524	0.23	0.12	0.53	0.611	OK
COND148	50.8	0.1524	0.62	0.31	3.13	0.611	OK
COND147	50.8	0.1524	0.7	0.35	3.89	0.611	OK
COND150	50.8	0.1524	0.47	0.23	1.86	0.611	OK
COND149	50.8	0.1524	0.54	0.27	2.45	0.611	OK
COND155	50.8	0.1524	0.08	0.04	0.05	0.611	OK
COND60	76.2	0.0015	1.43	0.31	1.64	0.719	OK
COND90	76.2	0.0015	1.43	0.31	1.64	0.719	OK

COND58	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND56	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND57	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND94	76.2	0.0015	6.54	1.43	24.38	0.719	KO
COND95	76.2	0.0015	0.47	0.1	0.23	0.719	OK
COND59	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND96	76.2	0.0015	0.35	0.08	0.14	0.719	OK
COND91	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.76	0.719	OK
COND84	76.2	0.0015	3.68	0.81	8.72	0.719	KO
COND72	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND73	76.2	0.0015	6.54	1.43	24.39	0.719	KO
COND71	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND67	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.78	0.719	OK
COND70	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND82	76.2	0.0015	1.4	0.31	1.57	0.719	OK
COND83	76.2	0.0015	2.09	0.46	3.19	0.719	OK
COND295	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
COND65	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND294	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
COND118	76.2	0.0015	6.38	1.4	23.32	0.719	KO
COND119	76.2	0.0015	6.3	1.38	22.79	0.719	KO
COND120	76.2	0.0015	6.3	1.38	22.78	0.719	KO
COND115	76.2	0.0015	6.05	1.33	21.19	0.719	KO
COND116	76.2	0.0015	5.11	1.12	15.69	0.719	KO
COND117	76.2	0.0015	5.11	1.12	15.69	0.719	KO
COND168	76.2	0.0015	2.94	0.64	5.83	0.719	OK
COND169	76.2	0.0015	2.94	0.64	5.83	0.719	OK
COND121	76.2	0.0015	6.3	1.38	22.8	0.719	KO
COND122	76.2	0.0015	6.3	1.38	22.79	0.719	KO
COND227	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.48	0.907	OK
COND226	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND229	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND228	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.46	0.907	OK
COND123	136.2	0.0015	11.96	0.82	4.44	0.907	OK
COND225	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND126	136.2	0.0015	14.19	0.97	6.03	0.907	KO
COND125	136.2	0.0015	14.19	0.97	6.03	0.907	KO
COND124	136.2	0.0015	11.96	0.82	4.44	0.907	OK
Fic1	136.2	0.0015	20.73	1.42	13.02	0.907	KO
COND128	136.2	0.0015	20.73	1.42	11.95	0.907	KO
COND127	136.2	0.0015	20.73	1.42	11.95	0.907	KO
COND218	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.46	0.907	OK
COND222	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND223	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.46	0.907	OK
COND224	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK

COND219	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.46	0.907	OK
COND220	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND221	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND100	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND101	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND99	136.2	0.0015	9.07	0.62	2.7	0.907	OK
COND97	136.2	0.0015	9.07	0.62	2.71	0.907	OK
COND98	136.2	0.0015	9.07	0.62	2.7	0.907	OK
COND102	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.46	0.907	OK
COND106	136.2	0.0015	11.72	0.8	4.28	0.907	OK
COND107	136.2	0.0015	11.72	0.8	4.28	0.907	OK
COND105	136.2	0.0015	11.72	0.8	4.28	0.907	OK
COND103	136.2	0.0015	8.62	0.59	2.47	0.907	OK
COND104	136.2	0.0015	11.96	0.82	4.44	0.907	OK
COND85	136.2	0.0015	9.07	0.62	2.7	0.907	OK
COND114	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND81	136.2	0.0015	13.33	0.92	5.4	0.907	KO
COND79	136.2	0.0015	14.19	0.97	6.04	0.907	KO
COND80	136.2	0.0015	14.19	0.97	6.03	0.907	KO
COND113	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND109	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND108	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND110	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND112	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK
COND111	136.2	0.0015	10.35	0.71	3.42	0.907	OK

Anexo 14

Tabela 75 - Parâmetros pressão verificados em todo o sistema com a modelação de uma válvula redutora de pressão à entrada do arruamento em análise à hora de ponta (08:00)

MODELACAO AV NOVA CIDADE – Modelo alterado com uma PRV					
Dados da rede - Nós às 8:00 Horas					
Node ID	Elevação	Consumo base	Consumo instantâneo	Cota piezométrica	Pressão
	m	LPS	LPS	m	m.c.a
NÓ1	41.4	0	0	87.69	46.29
NÓ2	41.36	0	0	87.69	46.33
NÓ3	46.44	0	0	87.15	40.71
NÓ4	46.15	0.037	0.11	87.01	40.86
NÓ5	46.53	0	0	87.32	40.79
NÓ6	46.2	0.026	0.08	87.24	41.04
NÓ7	47.87	0	0	86.59	38.72
NÓ8	47.81	0.0416	0.12	86.58	38.77
NÓ9	48.13	0	0	86.59	38.46
NÓ10	48.08	0.0416	0.12	86.59	38.51
NÓ11	51.64	0	0	87.31	35.67
NÓ12	51.59	0.0278	0.08	87.3	35.71
NÓ13	45.76	0	0	86.37	40.61
NÓ14	45.76	0.033	0.1	86.36	40.6
NÓ15	38.25	0	0	86.64	48.39
NÓ16	38.18	0.3241	0.97	86.6	48.42
NÓ17	39.76	0	0	86.55	46.79
NÓ18	39.7	0.0458	0.14	86.54	46.84
NÓ19	45.4	0	0	86.43	41.03
NÓ20	45.33	0.039	0.12	86.42	41.09
NÓ21	39.05	0	0	86.47	47.42
NÓ22	38.77	0.0345	0.1	86.36	47.59
NÓ23	39.14	0	0	86.48	47.34
NÓ24	39.08	0.0458	0.14	86.47	47.39
NÓ25	39.49	0	0	86.51	47.02
NÓ26	39.42	0.0458	0.14	86.49	47.07
NÓ27	39.02	0	0	86.47	47.45
NÓ28	38.73	0.0345	0.1	86.47	47.74
NÓ29	38.73	0	0	86.47	47.74
NÓ30	38.66	0.0345	0.1	86.46	47.8
NÓ31	38.4	0	0	86.47	48.07
NÓ32	38.32	0.0345	0.1	86.46	48.14
NÓ33	51.82	0	0	87.31	35.49
NÓ34	51.76	0.0278	0.08	87.3	35.54
NÓ35	46.05	0	0	86.44	40.39
NÓ36	45.84	0.039	0.12	86.34	40.5

NÓ37	45.97	0	0	86.37	40.4
NÓ38	45.91	0.033	0.1	86.36	40.45
NÓ39	46.22	0	0	86.37	40.15
NÓ40	46.17	0.033	0.1	86.37	40.2
NÓ41	46.46	0	0	86.38	39.92
NÓ42	46.41	0.033	0.1	86.37	39.96
NÓ43	46.73	0	0	86.39	39.66
NÓ44	46.68	0.033	0.1	86.38	39.7
NÓ45	46.97	0	0	86.41	39.44
NÓ46	46.91	0.033	0.1	86.4	39.49
NÓ47	46.36	0	0	86.39	40.03
NÓ48	46.32	0.05	0.15	86.38	40.06
NÓ49	46.61	0	0	86.39	39.78
NÓ50	46.58	0.05	0.15	86.39	39.81
NÓ51	46.89	0	0	86.4	39.51
NÓ52	46.86	0.05	0.15	86.39	39.53
NÓ53	47.2	0	0	86.42	39.22
NÓ54	47.13	0.05	0.15	86.41	39.28
NÓ55	46.89	0	0	86.4	39.51
NÓ56	46.6	0.033	0.1	86.29	39.69
NÓ57	48.45	0	0	86.61	38.16
NÓ58	48.4	0.0416	0.12	86.6	38.2
NÓ59	48.77	0	0	86.63	37.86
NÓ60	48.72	0.0416	0.12	86.62	37.9
NÓ61	46.46	0	0	87.16	40.7
NÓ62	46.41	0.037	0.11	87.15	40.74
NÓ63	46.31	0	0	87.1	40.79
NÓ64	46.25	0.037	0.11	87.1	40.85
NÓ65	46.07	0	0	87.04	40.97
NÓ66	46.02	0.037	0.11	87.03	41.01
NÓ67	45.82	0	0	86.99	41.17
NÓ68	45.78	0.037	0.11	86.98	41.2
NÓ69	45.58	0	0	86.94	41.36
NÓ70	45.53	0.037	0.11	86.94	41.41
NÓ71	45.34	0	0	86.91	41.57
NÓ72	45.29	0.037	0.11	86.91	41.62
NÓ73	50.11	0	0	87.62	37.51
NÓ74	50.03	0.027	0.08	87.6	37.57
NÓ75	45.38	0	0	87.25	41.87
NÓ76	45.33	0.026	0.08	87.25	41.92
NÓ77	45.58	0	0	87.25	41.67
NÓ78	45.52	0.026	0.08	87.25	41.73
NÓ79	45.78	0	0	87.26	41.48
NÓ80	45.73	0.026	0.08	87.26	41.53
NÓ81	46.03	0	0	87.27	41.24

NÓ82	45.98	0.026	0.08	87.27	41.29
NÓ83	46.31	0	0	87.29	40.98
NÓ84	46.26	0.026	0.08	87.29	41.03
NÓ85	46.56	0	0	87.33	40.77
NÓ86	46.49	0.026	0.08	87.32	40.83
NÓ87	46.35	0	0	87.3	40.95
NÓ88	46.04	0.026	0.08	87.22	41.18
NÓ89	46	0	0	87.27	41.27
NÓ90	45.7	0.026	0.08	87.19	41.49
NÓ91	45.43	0	0	87.25	41.82
NÓ92	45.13	0.026	0.08	87.18	42.05
NÓ93	45.69	0	0	87.26	41.57
NÓ94	45.39	0.026	0.08	87.18	41.79
NÓ95	42.28	0	0	87.69	45.41
NÓ96	42.25	0	0	87.69	45.44
NÓ97	43.34	0	0	87.69	44.35
NÓ98	43.31	0	0	87.69	44.38
NÓ99	45.31	0	0	87.69	42.38
NÓ100	45.28	0	0	87.69	42.41
NÓ101	44.06	0	0	79.24	35.18
NÓ102	44.03	0.081	0.24	79.18	35.15
NÓ103	44.03	0.081	0.24	79.17	35.14
NÓ104	51.21	0	0	87.58	36.37
NÓ105	50.93	0.027	0.08	87.5	36.57
NÓ106	51.97	0	0	87.31	35.34
NÓ107	51.92	0.0278	0.08	87.3	35.38
NÓ108	38.26	0	0	86.66	48.4
NÓ109	38.2	0	0	86.63	48.43
NÓ110	33.66	0	0	86.48	52.82
NÓ111	33.64	0	0	86.48	52.84
NÓ112	33.54	0	0	86.48	52.94
NÓ113	43.75	0	0	87.12	43.37
NÓ114	43.69	0	0	87.12	43.43
NÓ115	49.79	0	0	87.73	37.94
NÓ116	49.73	0	0	87.73	38
NÓ117	49.79	0	0	86.79	37
NÓ118	49.59	0	0	86.79	37.2
NÓ119	46.9	0	0	86.42	39.52
NÓ120	46.78	0.05	0.15	86.42	39.64
NÓ121	47.27	0	0	86.42	39.15
NÓ122	47.43	0	0	86.45	39.02
NÓ123	49.12	0	0	86.67	37.55
NÓ124	48.84	0	0	86.64	37.8
NÓ125	38.31	0	0	86.71	48.4
NÓ126	38.28	0	0	86.71	48.43

NÓ127	46.73	0	0	86.45	39.72
NÓ128	46.55	0	0	86.44	39.89
NÓ129	52.03	0	0	87.31	35.28
NÓ130	52.33	0	0	87.31	34.98
NÓ131	43.64	0	0	87.12	43.48
NÓ132	38.23	0	0	86.71	48.48
NÓ133	49.72	0	0	87.73	38.01
NÓ134	49.81	0	0	87.73	37.92
NÓ135	49.93	0	0	87.72	37.79
NÓ136	48.84	0	0	87.69	38.85
NÓ137	48.84	0	0	87.69	38.85
NÓ138	47.19	0	0	87.42	40.23
NÓ139	47.13	0	0	87.41	40.28
NÓ140	47.17	0	0	87.42	40.25
NÓ141	47.13	0	0	87.41	40.28
NÓ142	40.79	0	0	86.84	46.05
NÓ143	40.62	0	0	86.78	46.16
NÓ144	40.92	0	0	86.89	45.97
NÓ145	48.5	0	0	87.58	39.08
NÓ146	47.61	0	0	86.48	38.87
NÓ147	47.64	0	0	86.48	38.84
NÓ148	49.2	0	0	86.68	37.48
NÓ149	38.43	0	0	86.72	48.29
NÓ150	47.42	0	0	86.46	39.04
NÓ151	38.27	0	0	86.67	48.4
NÓ152	49.55	0.0312	0.09	86.79	37.24
NÓ153	46.53	0.312	0.93	86.44	39.91
NÓ154	52.39	0	0	87.32	34.93
NÓ155	50.18	0	0	87.69	37.51
NÓ156	45.99	0	0	86.44	40.45
NÓ157	38.06	0	0	86.7	48.64
NÓ158	37.62	0	0	86.68	49.06
NÓ159	36.77	0	0	86.63	49.86
NÓ160	36.14	0	0	86.6	50.46
NÓ161	35.65	0	0	86.58	50.93
NÓ162	35.23	0	0	86.56	51.33
NÓ163	42.98	0	0	87.06	44.08
NÓ164	42.09	0	0	86.98	44.89
NÓ165	41.62	0	0	86.95	45.33
NÓ166	40.39	0	0	86.85	46.46
NÓ167	40.24	0	0	86.84	46.6
NÓ168	40.05	0	0	86.83	46.78
NÓ169	39.76	0	0	86.81	47.05
NÓ170	39.36	0	0	86.78	47.42
NÓ171	39.05	0	0	86.76	47.71

NÓ172	51.82	0	0	87.2	35.38
NÓ173	50.7	0	0	86.97	36.27
NÓ174	52.72	0	0	87.42	34.7
NÓ175	52.8	0	0	87.41	34.61
NÓ176	52.76	0	0	87.4	34.64
NÓ177	46	0	0	87.32	41.32
NÓ178	49.25	0	0	87.66	38.41
NÓ179	52.8	0	0	88.3	35.5
NÓ180	51.84	0	0	88.12	36.28
NÓ181	45.36	0	0	86.92	41.56
NÓ182	45.3	0	0	86.64	41.34
NÓ183	45.29	0	0	86.58	41.29
NÓ184	45.28	0	0	86.53	41.25
NÓ185	45.24	0	0	86.28	41.04
NÓ186	40	0	0	86.62	46.62
NÓ187	39.84	0	0	86.57	46.73
NÓ188	39.6	0	0	86.52	46.92
NÓ189	47.87	0	0	86.59	38.72
NÓ190	40.44	0	0	86.72	46.28
NÓ191	40.43	0	0	86.72	46.29
NÓ192	40.23	0	0	86.67	46.44
NÓ193	40.16	0	0	86.65	46.49
NÓ194	46.58	0	0	87.33	40.75
NÓ195	46.68	0	0	87.34	40.66
NÓ196	46.65	0	0	87.34	40.69
NÓ197	46.63	0	0	87.34	40.71
NÓ198	45.16	0	0	85.84	40.68
NÓ199	45.13	0	0	85.66	40.53
NÓ200	45.05	0	0	85.17	40.12
NÓ201	44.32	0	0	80.75	36.43
NÓ202	45.88	0	0	86.44	40.56
NÓ203	45.71	0	0	86.44	40.73
NÓ204	49.02	0	0	86.66	37.64
NÓ205	46.64	0	0	87.24	40.6
NÓ206	46.63	0	0	87.23	40.6
NÓ207	46.47	0	0	87.16	40.69
NÓ208	46.45	0	0	87.15	40.7
NÓ209	46.04	0	0	87.03	40.99
NÓ210	45.39	0	0	86.92	41.53
NÓ211	37.68	0	0	86.62	48.94
NÓ212	37.67	0.0345	0.1	86.61	48.94
NÓ213	47.08	0	0	86.42	39.34
NÓ214	47.07	0	0	86.42	39.35
NÓ215	47.07	0	0	86.42	39.35
NÓ216	47.05	0	0	86.42	39.37

NÓ217	47.84	0	0	86.59	38.75
NÓ218	47.82	0	0	86.59	38.77
NÓ219	47.8	0	0	86.59	38.79
NÓ220	47.63	0	0	86.59	38.96
NÓ221	47.62	0.0416	0.12	86.59	38.97
NÓ222	46.66	0	0	87.24	40.58
NÓ223	48.87	0	0	87.69	38.82
NÓ224	48.87	0	0	87.69	38.82
NÓ225	48.18	0	0	87.69	39.51
NÓ226	47.94	0	0	87.69	39.75
NÓ227	47.4	0	0	87.69	40.29
NÓ228	46.49	0	0	87.69	41.2
NÓ229	44.14	0	0	87.69	43.55
NÓ230	42.4	0	0	87.69	45.29
NÓ231	46.87	0	0	86.42	39.55
NÓ232	46.85	0	0	86.42	39.57
NÓ233	46.84	0	0	86.42	39.58
NÓ234	45.65	0	0	86.38	40.73
NÓ235	45.44	0	0	86.37	40.93
NÓ236	45.37	0.033	0.1	86.37	41
NÓ237	48.58	0	0	86.63	38.05
NÓ238	48.57	0.0416	0.12	86.63	38.06
NÓ239	33.06	0	0	86.46	53.4
NÓ240	32.82	0	0	86.44	53.62
NÓ241	32.5	0	0	86.43	53.93
NÓ242	32.29	0	0	86.42	54.13
NÓ243	31.94	0	0	86.4	54.46
NÓ244	31.88	0	0	86.4	54.52
NÓ245	31.13	0	0	86.36	55.23
NÓ246	30.46	0	0	86.33	55.87
NÓ247	28.89	0	0	86.25	57.36
NÓ248	28.87	0	0	86.25	57.38
NÓ249	28.81	0	0	86.25	57.44
NÓ250	28.7	2.882	8.62	86.25	57.55
NÓ251	38.18	0	0	86.62	48.44
NÓ252	38.11	0.0345	0.1	86.6	48.49
NÓ253	37.67	0	0	86.61	48.94
NÓ254	37.65	0	0	86.6	48.95
NÓ255	37.65	0.0345	0.1	86.6	48.95
NÓ256	31.93	0	0	86.4	54.47
NÓ257	31.69	0	0	86.4	54.71
NÓ258	49.99	0	0	87.59	37.6
NÓ259	49.99	0	0	87.59	37.6
NÓ260	49.98	0	0	87.59	37.61
NÓ261	49.93	0.027	0.08	87.58	37.65

NÓ262	45.69	0	0	86.43	40.74
NÓ263	45.62	0.039	0.12	86.43	40.81
NÓ264	45.24	0	0	86.85	41.61
NÓ265	45.07	0.037	0.11	86.78	41.71
NÓ266	45.31	0	0	86.39	41.08
NÓ267	45.21	0	0	86.34	41.13
NÓ268	45.17	0	0	86.32	41.15
NÓ269	45.14	0	0	86.3	41.16
NÓ270	45.08	0.039	0.12	86.27	41.19
NÓ271	36.73	0	0	86.58	49.85
NÓ272	36.55	0	0	86.33	49.78
NÓ273	36.24	0.1516	0.45	85.92	49.68
NÓ274	40.34	0	0	86.66	46.32
NÓ275	40.25	0.0458	0.14	86.6	46.35
NÓ276	40.36	0	0	86.67	46.31
NÓ277	40.3	0.0458	0.14	86.62	46.32
NÓ278	39.62	0	0	86.42	46.8
NÓ279	39.55	0.0458	0.14	86.38	46.83
NÓ280	39.33	0	0	86.34	47.01
NÓ281	39.29	0.0458	0.14	86.32	47.03
NÓ282	42.94	0	0	87.06	44.12
NÓ283	42.75	0.081	0.24	87.05	44.3
NÓ284	51.61	0	0	87.2	35.59
NÓ285	51.56	0.0312	0.09	87.2	35.64

Anexo 15

Tabela 76 - Parâmetros pressão verificada nos nós do sistema em análise com a modelação de várias válvulas redutoras de pressão à entrada dos pontos de consumo à hora de ponta (08:00)

MODELACAO AV NOVA CIDADE (VARIAS PRV)					
Dados da rede - Nós às 8:00 Horas					
Node ID	Elevação	Consumo base	Consumo instantâneo	Cota piezométrica	Pressão
	m	LPS	LPS	m	m.c.a
NÓ1	41.4	0	0	85.73	44.33
NÓ2	41.36	0	0	85.73	44.37
NÓ3	46.44	0	0	60.91	14.47
NÓ4	46.15	0.037	0.11	60.77	14.62
NÓ5	46.53	0	0	61.08	14.55
NÓ6	46.2	0.026	0.08	61	14.8
NÓ7	47.87	0	0	79.11	31.24
NÓ8	47.81	0.0416	0.12	79.1	31.29
NÓ9	48.13	0	0	79.11	30.98
NÓ10	48.08	0.0416	0.12	79.11	31.03
NÓ11	51.64	0	0	82.03	30.39
NÓ12	51.59	0.0278	0.08	82.02	30.43
NÓ13	45.76	0	0	61.02	15.26
NÓ14	45.76	0.033	0.1	61.01	15.25
NÓ15	38.25	0	0	88.5	50.25
NÓ16	38.18	0.3241	0.97	68.25	30.07
NÓ17	39.76	0	0	70.57	30.81
NÓ18	39.7	0.0458	0.14	70.56	30.86
NÓ19	45.4	0	0	76.04	30.64
NÓ20	45.33	0.039	0.12	76.03	30.7
NÓ21	39.05	0	0	70.5	31.45
NÓ22	38.77	0.0345	0.1	70.39	31.62
NÓ23	39.14	0	0	70.5	31.36
NÓ24	39.08	0.0458	0.14	70.49	31.41
NÓ25	39.49	0	0	70.53	31.04
NÓ26	39.42	0.0458	0.14	70.52	31.1
NÓ27	39.02	0	0	70.5	31.48
NÓ28	38.73	0.0345	0.1	70.49	31.76
NÓ29	38.73	0	0	70.49	31.76
NÓ30	38.66	0.0345	0.1	70.49	31.83
NÓ31	38.4	0	0	70.49	32.09
NÓ32	38.32	0.0345	0.1	70.48	32.16
NÓ33	51.82	0	0	82.03	30.21
NÓ34	51.76	0.0278	0.08	82.02	30.26
NÓ35	46.05	0	0	76.05	30

NÓ36	45.84	0.039	0.12	75.95	30.11
NÓ37	45.97	0	0	61.02	15.05
NÓ38	45.91	0.033	0.1	61.01	15.1
NÓ39	46.22	0	0	61.02	14.8
NÓ40	46.17	0.033	0.1	61.02	14.85
NÓ41	46.46	0	0	61.03	14.57
NÓ42	46.41	0.033	0.1	61.02	14.61
NÓ43	46.73	0	0	61.04	14.31
NÓ44	46.68	0.033	0.1	61.03	14.35
NÓ45	46.97	0	0	61.06	14.09
NÓ46	46.91	0.033	0.1	61.05	14.14
NÓ47	46.36	0	0	77.55	31.19
NÓ48	46.32	0.05	0.15	77.54	31.22
NÓ49	46.61	0	0	77.55	30.94
NÓ50	46.58	0.05	0.15	77.55	30.97
NÓ51	46.89	0	0	77.56	30.67
NÓ52	46.86	0.05	0.15	77.56	30.7
NÓ53	47.2	0	0	77.58	30.38
NÓ54	47.13	0.05	0.15	77.57	30.44
NÓ55	46.89	0	0	61.05	14.16
NÓ56	46.6	0.033	0.1	60.94	14.34
NÓ57	48.45	0	0	79.13	30.68
NÓ58	48.4	0.0416	0.12	79.12	30.72
NÓ59	48.77	0	0	79.15	30.38
NÓ60	48.72	0.0416	0.12	79.14	30.42
NÓ61	46.46	0	0	60.91	14.45
NÓ62	46.41	0.037	0.11	60.91	14.5
NÓ63	46.31	0	0	60.86	14.55
NÓ64	46.25	0.037	0.11	60.85	14.6
NÓ65	46.07	0	0	60.8	14.73
NÓ66	46.02	0.037	0.11	60.79	14.77
NÓ67	45.82	0	0	60.74	14.92
NÓ68	45.78	0.037	0.11	60.74	14.96
NÓ69	45.58	0	0	60.7	15.12
NÓ70	45.53	0.037	0.11	60.69	15.16
NÓ71	45.34	0	0	60.67	15.33
NÓ72	45.29	0.037	0.11	60.66	15.37
NÓ73	50.11	0	0	72.11	22
NÓ74	50.03	0.027	0.08	72.09	22.06
NÓ75	45.38	0	0	61.01	15.63
NÓ76	45.33	0.026	0.08	61	15.67
NÓ77	45.58	0	0	61.01	15.43
NÓ78	45.52	0.026	0.08	61.01	15.49
NÓ79	45.78	0	0	61.01	15.23
NÓ80	45.73	0.026	0.08	61.01	15.28

NÓ81	46.03	0	0	61.03	15
NÓ82	45.98	0.04074	0.12	61.02	15.04
NÓ83	46.31	0	0	61.05	14.74
NÓ84	46.26	0.026	0.08	61.05	14.79
NÓ85	46.56	0	0	61.09	14.53
NÓ86	46.49	0.026	0.08	61.08	14.59
NÓ87	46.35	0	0	61.06	14.71
NÓ88	46.04	0.026	0.08	60.98	14.94
NÓ89	46	0	0	61.02	15.02
NÓ90	45.7	0.026	0.08	60.95	15.25
NÓ91	45.43	0	0	61.01	15.58
NÓ92	45.13	0.026	0.08	60.93	15.8
NÓ93	45.69	0	0	61.01	15.32
NÓ94	45.39	0.026	0.08	60.94	15.55
NÓ95	42.28	0	0	85.73	43.45
NÓ96	42.25	0	0	85.73	43.48
NÓ97	43.34	0	0	85.73	42.39
NÓ98	43.31	0	0	85.73	42.42
NÓ99	45.31	0	0	85.73	40.42
NÓ100	45.28	0	0	85.73	40.45
NÓ101	44.06	0	0	53	8.94
NÓ102	44.03	0.081	0.24	52.93	8.9
NÓ103	44.03	0.081	0.24	52.93	8.9
NÓ104	51.21	0	0	85.52	34.31
NÓ105	50.93	0.027	0.08	73.13	22.2
NÓ106	51.97	0	0	82.03	30.06
NÓ107	51.92	0.0278	0.08	82.03	30.11
NÓ108	38.26	0	0	88.51	50.25
NÓ109	38.2	0	0	68.26	30.06
NÓ110	33.66	0	0	88.38	54.72
NÓ111	33.64	0	0	88.38	54.74
NÓ112	33.54	0.237	0.71	88.38	54.84
NÓ113	43.75	0	0	88.88	45.13
NÓ114	43.69	0	0	88.88	45.19
NÓ115	49.79	0	0	89.33	39.54
NÓ116	49.73	0	0	89.33	39.6
NÓ117	49.79	0	0	84.24	34.45
NÓ118	49.59	0	0	84.23	34.64
NÓ119	46.9	0	0	77.58	30.68
NÓ120	46.78	0.05	0.15	77.58	30.8
NÓ121	47.27	0	0	77.59	30.32
NÓ122	47.43	0	0	77.61	30.18
NÓ123	49.12	0	0	79.19	30.07
NÓ124	48.84	0	0	79.16	30.32
NÓ125	38.31	0	0	88.57	50.26

NÓ126	38.28	0	0	88.57	50.29
NÓ127	46.73	0	0	83.89	37.16
NÓ128	46.55	0	0	83.89	37.34
NÓ129	52.03	0	0	85.04	33.01
NÓ130	52.33	0	0	85.04	32.71
NÓ131	43.64	0	0	88.88	45.24
NÓ132	38.23	0	0	88.57	50.34
NÓ133	49.72	0	0	89.33	39.61
NÓ134	49.81	0	0	89.33	39.52
NÓ135	49.93	0	0	85.78	35.85
NÓ136	48.84	0	0	85.73	36.89
NÓ137	48.84	0	0	85.73	36.89
NÓ138	47.19	0	0	89.11	41.92
NÓ139	47.13	0	0	61.18	14.05
NÓ140	47.17	0	0	89.11	41.94
NÓ141	47.13	0	0	61.16	14.03
NÓ142	40.79	0	0	70.87	30.08
NÓ143	40.62	0	0	70.81	30.19
NÓ144	40.92	0	0	88.7	47.78
NÓ145	48.5	0	0	89.22	40.72
NÓ146	47.61	0	0	83.92	36.31
NÓ147	47.64	0	0	83.92	36.28
NÓ148	49.2	0	0	84.12	34.92
NÓ149	38.43	0	0	88.57	50.14
NÓ150	47.42	0	0	83.9	36.48
NÓ151	38.27	0	0	88.52	50.25
NÓ152	49.55	0.312	0.93	79.59	30.04
NÓ153	46.53	0.312	0.93	76.65	30.12
NÓ154	52.39	0	0	85.04	32.65
NÓ155	50.18	0	0	85.73	35.55
NÓ156	45.99	0	0	76.05	30.06
NÓ157	38.06	0	0	88.56	50.5
NÓ158	37.62	0	0	88.54	50.92
NÓ159	36.77	0	0	88.5	51.73
NÓ160	36.14	0	0	88.48	52.34
NÓ161	35.65	0	0	88.46	52.81
NÓ162	35.23	0	0	88.44	53.21
NÓ163	42.98	0	0	88.83	45.85
NÓ164	42.09	0	0	88.78	46.69
NÓ165	41.62	0	0	88.75	47.13
NÓ166	40.39	0	0	88.67	48.28
NÓ167	40.24	0	0	88.67	48.43
NÓ168	40.05	0	0	88.66	48.61
NÓ169	39.76	0	0	88.64	48.88
NÓ170	39.36	0	0	88.62	49.26

NÓ171	39.05	0	0	88.61	49.56
NÓ172	51.82	0	0	84.82	33
NÓ173	50.7	0	0	84.49	33.79
NÓ174	52.72	0	0	85.23	32.51
NÓ175	52.8	0	0	85.22	32.42
NÓ176	52.76	0	0	85.2	32.44
NÓ177	46	0	0	89.03	43.03
NÓ178	49.25	0	0	89.29	40.04
NÓ179	52.8	0	0	89.8	37
NÓ180	51.84	0	0	89.65	37.81
NÓ181	45.36	0	0	60.67	15.31
NÓ182	45.3	0	0	60.4	15.1
NÓ183	45.29	0	0	60.34	15.05
NÓ184	45.28	0	0	60.28	15
NÓ185	45.24	0	0	60.03	14.79
NÓ186	40	0	0	70.64	30.64
NÓ187	39.84	0	0	70.59	30.75
NÓ188	39.6	0	0	70.55	30.95
NÓ189	47.87	0	0	79.11	31.24
NÓ190	40.44	0	0	70.75	30.31
NÓ191	40.43	0	0	70.74	30.31
NÓ192	40.23	0	0	70.7	30.47
NÓ193	40.16	0	0	70.68	30.52
NÓ194	46.58	0	0	61.09	14.51
NÓ195	46.68	0	0	61.11	14.43
NÓ196	46.65	0	0	61.1	14.45
NÓ197	46.63	0	0	61.1	14.47
NÓ198	45.16	0	0	59.6	14.44
NÓ199	45.13	0	0	59.42	14.29
NÓ200	45.05	0	0	58.93	13.88
NÓ201	44.32	0	0	54.51	10.19
NÓ202	45.88	0	0	76.05	30.17
NÓ203	45.71	0	0	76.04	30.33
NÓ204	49.02	0	0	84.1	35.08
NÓ205	46.64	0	0	60.99	14.35
NÓ206	46.63	0	0	60.99	14.36
NÓ207	46.47	0	0	60.92	14.45
NÓ208	46.45	0	0	60.91	14.46
NÓ209	46.04	0	0	60.79	14.75
NÓ210	45.39	0	0	60.68	15.29
NÓ211	37.68	0	0	88.47	50.79
NÓ212	37.67	0.0345	0.1	88.47	50.8
NÓ213	47.08	0	0	83.87	36.79
NÓ214	47.07	0	0	83.87	36.8
NÓ215	47.07	0	0	61.07	14

NÓ216	47.05	0	0	61.07	14.02
NÓ217	47.84	0	0	79.11	31.27
NÓ218	47.82	0	0	79.11	31.29
NÓ219	47.8	0	0	79.11	31.31
NÓ220	47.63	0	0	79.11	31.48
NÓ221	47.62	0.0416	0.12	79.11	31.49
NÓ222	46.66	0	0	61	14.34
NÓ223	48.87	0	0	85.73	36.86
NÓ224	48.87	0	0	85.73	36.86
NÓ225	48.18	0	0	85.73	37.55
NÓ226	47.94	0	0	85.73	37.79
NÓ227	47.4	0	0	85.73	38.33
NÓ228	46.49	0	0	85.73	39.24
NÓ229	44.14	0	0	85.73	41.59
NÓ230	42.4	0	0	85.73	43.33
NÓ231	46.87	0	0	77.58	30.71
NÓ232	46.85	0	0	77.58	30.73
NÓ233	46.84	0	0	77.58	30.74
NÓ234	45.65	0	0	77.54	31.89
NÓ235	45.44	0	0	77.53	32.09
NÓ236	45.37	0.033	0.1	77.53	32.16
NÓ237	48.58	0	0	79.16	30.58
NÓ238	48.57	0.0416	0.12	79.16	30.59
NÓ239	33.06	0	0	88.36	55.3
NÓ240	32.82	0	0	88.35	55.53
NÓ241	32.5	0	0	88.34	55.84
NÓ242	32.29	0	0	88.34	56.05
NÓ243	31.94	0	0	88.32	56.38
NÓ244	31.88	0	0	88.32	56.44
NÓ245	31.13	0	0	88.3	57.17
NÓ246	30.46	0	0	88.28	57.82
NÓ247	28.89	0	0	88.23	59.34
NÓ248	28.87	0	0	88.23	59.36
NÓ249	28.81	0	0	88.23	59.42
NÓ250	28.7	2.882	8.62	88.23	59.53
NÓ251	38.18	0	0	68.25	30.07
NÓ252	38.11	0.0345	0.1	68.22	30.11
NÓ253	37.67	0	0	88.46	50.79
NÓ254	37.65	0	0	88.46	50.81
NÓ255	37.65	0.0345	0.1	88.45	50.8
NÓ256	31.93	0	0	88.32	56.39
NÓ257	31.69	0.237	0.71	88.3	56.61
NÓ258	49.99	0	0	72.08	22.09
NÓ259	49.99	0	0	72.08	22.09
NÓ260	49.98	0	0	72.08	22.1

NÓ261	49.93	0.027	0.08	72.07	22.14
NÓ262	45.69	0	0	76.04	30.35
NÓ263	45.62	0.039	0.12	76.03	30.41
NÓ264	45.24	0	0	60.61	15.37
NÓ265	45.07	0.037	0.11	60.53	15.46
NÓ266	45.31	0	0	75.99	30.68
NÓ267	45.21	0	0	75.94	30.73
NÓ268	45.17	0	0	75.92	30.75
NÓ269	45.14	0	0	75.91	30.77
NÓ270	45.08	0.039	0.12	75.88	30.8
NÓ271	36.73	0	0	67.73	31
NÓ272	36.55	0	0	67.48	30.93
NÓ273	36.24	0.1516	0.45	67.07	30.83
NÓ274	40.34	0	0	70.68	30.34
NÓ275	40.25	0.0458	0.14	70.62	30.37
NÓ276	40.36	0	0	70.69	30.33
NÓ277	40.3	0.0458	0.14	70.65	30.35
NÓ278	39.62	0	0	70.45	30.83
NÓ279	39.55	0.0458	0.14	70.4	30.85
NÓ280	39.33	0	0	70.37	31.04
NÓ281	39.29	0.0458	0.14	70.34	31.05
NÓ282	42.94	0	0	57.98	15.04
NÓ283	42.75	0.081	0.24	57.98	15.23
NÓ284	51.61	0	0	84.81	33.2
NÓ285	51.56	0.312	0.93	81.61	30.05
Inter	52.8	0	0	183.85	131.05
Nó1PRV	47.19	0	0	61.19	14
Nó2PRV	47.17	0	0	61.17	14
NóPRV3	38.27	0	0	68.27	30
NóPRV4	38.27	0	0	68.27	30
NóPRV5	36.76	0	0	67.76	31
NóPRV6	40.91	0	0	70.91	30
NóPRV8	51.2	0	0	73.2	22
NóPRV7	50.17	0	0	72.17	22
NóPRV9	49.8	0	0	85.8	36
1	42.98	0	0	57.98	15
NóPRV10	46.05	0	0	83.89	37.84
2	47.64	0	0	77.64	30
3	49.2	0	0	79.2	30
4	46.65	0	0	76.65	30
5	49.59	0	0	79.59	30
6	52.03	0	0	82.03	30
7	51.61	0	0	81.61	30
Resvr R5	183.85	#N/A	-21.69	183.85	0

Anexo 16

Tabela 77 – Parâmetros velocidade verificada nas condutas do sistema em análise com a modelação de várias válvulas redutoras de pressão à entrada dos pontos de consumo e aumento do diâmetro interior da conduta principal para 150.6 mm de consumo à hora de ponta (08:00)

MODELACAO AV NOVA CIDADE (VARIAS PRV)							
Dados da rede - Conduas às 8:00 Horas							
ID Conduto	Diâmetro	Rugosidade	Caudal	Velocidade	Perda de carga contínua	Velocidade máxima	Verificação Velocidade Máxima
	mm	mm	LPS	m/s	m/km	m/s	
COND206	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND207	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND230	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND290	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND204	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND205	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND163	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND162	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND161	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND231	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND232	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.16	0.413	OK
COND164	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND203	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND197	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND198	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
11	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND195	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND196	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND74	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND200	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND201	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND202	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
10	19.05	0.0015	0.16	0.57	26.31	0.413	KO
COND199	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
2	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND247	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.02	0.413	OK
COND246	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND245	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND253	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND249	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND248	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND239	19.05	0.0015	0.08	0.28	8	0.413	OK
COND238	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.02	0.413	OK
COND237	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND244	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.72	0.413	OK

COND243	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.72	0.413	OK
COND240	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND254	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND260	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND259	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND258	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.79	0.413	KO
COND160	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND233	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.16	0.413	OK
COND234	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND132	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND256	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND255	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND257	19.05	0.0015	0.14	0.48	19.8	0.413	KO
COND130	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.12	0.413	KO
COND131	19.05	0.0015	0.48	1.7	180.13	0.413	KO
COND52	19.05	0.0015	0.24	0.85	53.23	0.413	KO
COND48	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND47	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND46	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND51	19.05	0.0015	0.24	0.85	53.23	0.413	KO
COND50	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND49	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND37	19.05	0.0015	0.08	0.28	8.01	0.413	OK
COND18	19.05	0.0015	0.12	0.41	15.01	0.413	OK
COND11	19.05	0.0015	0.1	0.36	12.17	0.413	OK
COND45	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND44	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND28	19.05	0.0015	0.1	0.35	11.28	0.413	OK
COND1	19.05	0.0015	0	0	0	0.413	OK
COND3	19.05	0.0015	0.08	0.27	7.51	0.413	OK
COND2	19.05	0.0015	0.11	0.39	13.72	0.413	OK
COND14	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.14	0.463	OK
COND13	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND33	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND19	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND15	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.14	0.463	OK
COND16	25.4	0.0015	0.1	0.2	3.14	0.463	OK
COND17	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.18	0.463	OK
COND22	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND32	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND20	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND21	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND24	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.92	0.463	OK
COND25	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.92	0.463	OK
COND26	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.92	0.463	OK

COND30	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK
COND31	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND29	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK
COND23	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND27	25.4	0.0015	0.15	0.3	5.92	0.463	OK
COND252	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND7	25.4	0.0015	0.1	0.19	2.91	0.463	OK
COND6	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.18	0.463	OK
4	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND43	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND9	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND4	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK
COND54	25.4	0.0015	0.08	0.16	2.18	0.463	OK
COND241	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.87	0.463	OK
COND5	25.4	0.0015	0.12	0.25	4.32	0.463	OK
COND242	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.87	0.463	OK
COND42	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND12	25.4	0.0015	0.14	0.27	5.09	0.463	OK
COND10	25.4	0.0015	0.12	0.23	3.87	0.463	OK
COND251	25.4	0.0015	0.45	0.89	40.6	0.463	KO
COND34	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND35	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND40	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND41	25.4	0.0015	0.12	0.24	4.17	0.463	OK
COND39	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND36	25.4	0.0015	0.11	0.22	3.54	0.463	OK
COND38	25.4	0.0015	0.08	0.15	1.92	0.463	OK
COND213	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND214	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND212	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND210	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND211	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND215	31.75	0.0015	0.1	0.12	1.02	0.506	OK
COND181	38.1	0.0015	1.18	1.03	31.53	0.545	KO
COND182	38.1	0.0015	0.21	0.18	1.52	0.545	OK
COND183	38.1	0.0015	0.1	0.09	0.4	0.545	OK
COND180	38.1	0.0015	1.28	1.12	36.61	0.545	KO
COND217	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND216	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND236	50.8	0.0015	0.71	0.35	3.29	0.611	OK
COND235	50.8	0.0015	0.71	0.35	3.29	0.611	OK
COND287	50.8	0.1524	0.82	0.4	5.18	0.611	OK
COND286	50.8	0.1524	0.93	0.46	6.58	0.611	OK
COND289	50.8	0.1524	0.6	0.29	2.89	0.611	OK
COND288	50.8	0.1524	0.71	0.35	3.95	0.611	OK

COND285	50.8	0.1524	1.04	0.51	8.12	0.611	OK
COND282	50.8	0.1524	0.5	0.25	2.08	0.611	OK
COND281	50.8	0.1524	0.62	0.31	3.13	0.611	OK
COND284	50.8	0.1524	-0.25	0.12	0.6	0.611	OK
COND283	50.8	0.1524	0.37	0.18	1.23	0.611	OK
COND86	50.8	0.0015	0.85	0.42	4.48	0.611	OK
14	50.8	0.0015	0.24	0.12	0.51	0.611	OK
9	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
5	50.8	0.0015	0.75	0.37	3.6	0.611	OK
6	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.49	0.611	KO
COND293	50.8	0.1524	0.08	0.04	0.05	0.611	OK
COND292	50.8	0.1524	0.17	0.08	0.3	0.611	OK
COND2PRV	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND1PRV	50.8	0.0015	0.9	0.44	4.99	0.611	OK
COND280	50.8	0.1524	0.15	0.07	0.23	0.611	OK
COND268	50.8	0.1524	0.96	0.47	7.03	0.611	OK
COND267	50.8	0.1524	0.55	0.27	2.49	0.611	OK
COND270	50.8	0.1524	0.69	0.34	3.8	0.611	OK
COND269	50.8	0.1524	0.82	0.41	5.27	0.611	OK
COND266	50.8	0.1524	0.69	0.34	3.76	0.611	OK
COND263	50.8	0.1524	0.31	0.15	0.88	0.611	OK
COND262	50.8	0.0015	0.24	0.12	0.52	0.611	OK
COND265	50.8	0.1524	0.1	0.05	0.08	0.611	OK
COND264	50.8	0.1524	0.21	0.1	0.43	0.611	OK
COND277	50.8	0.1524	0.6	0.3	2.91	0.611	OK
COND276	50.8	0.1524	0.1	0.05	0.07	0.611	OK
COND279	50.8	0.1524	0.3	0.15	0.83	0.611	OK
COND278	50.8	0.1524	0.45	0.22	1.72	0.611	OK
COND275	50.8	0.1524	0.2	0.1	0.4	0.611	OK
COND272	50.8	0.1524	0.49	0.24	2.05	0.611	OK
COND271	50.8	0.1524	0.59	0.29	2.86	0.611	OK
COND274	50.8	0.1524	0.3	0.15	0.81	0.611	OK
COND273	50.8	0.1524	0.39	0.19	1.36	0.611	OK
COND152	50.8	0.1524	0.31	0.15	0.89	0.611	OK
COND153	50.8	0.1524	0.23	0.12	0.53	0.611	OK
COND154	50.8	0.1524	0.16	0.08	0.26	0.611	OK
COND151	50.8	0.1524	0.39	0.19	1.33	0.611	OK
COND148	50.8	0.1524	0.67	0.33	3.55	0.611	OK
COND149	50.8	0.1524	0.59	0.29	2.83	0.611	OK
COND150	50.8	0.1524	0.47	0.23	1.85	0.611	OK
COND155	50.8	0.1524	0.08	0.04	0.05	0.611	OK
COND165	50.8	0.1524	0.35	0.17	1.1	0.611	OK
COND166	50.8	0.1524	0.35	0.17	1.1	0.611	OK
COND167	50.8	0.1524	0.23	0.12	0.53	0.611	OK
COND159	50.8	0.0015	0.9	0.44	4.99	0.611	OK

COND156	50.8	0.0015	0.9	0.44	4.99	0.611	OK
COND157	50.8	0.0015	0.9	0.44	4.99	0.611	OK
COND158	50.8	0.0015	0.9	0.44	4.99	0.611	OK
COND133	50.8	0.1524	1.1	0.54	9.03	0.611	OK
COND136	50.8	0.1524	0.41	0.2	1.48	0.611	OK
COND139	50.8	0.1524	0.25	0.12	0.56	0.611	OK
COND77	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.49	0.611	KO
COND92	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
COND88	50.8	0.0015	1.28	0.63	9.27	0.611	KO
COND87	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND140	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.49	0.611	KO
COND145	50.8	0.1524	0.9	0.44	6.21	0.611	OK
COND146	50.8	0.1524	0.82	0.41	5.25	0.611	OK
COND147	50.8	0.1524	0.74	0.37	4.36	0.611	OK
COND144	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.08	0.611	OK
COND141	50.8	0.0015	1.23	0.61	8.71	0.611	OK
COND142	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.08	0.611	OK
COND143	50.8	0.0015	1.1	0.54	7.08	0.611	OK
COND179	50.8	0.1524	0.6	0.29	2.89	0.611	OK
COND177	50.8	0.1524	0.93	0.46	6.57	0.611	OK
COND185	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.15	0.611	OK
COND184	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND173	50.8	0.1524	1.26	0.62	11.7	0.611	KO
COND172	50.8	0.1524	1.37	0.68	13.72	0.611	KO
COND175	50.8	0.1524	1.15	0.57	9.83	0.611	OK
COND174	50.8	0.1524	1.26	0.62	11.69	0.611	KO
COND192	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND191	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND194	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND193	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND188	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND187	50.8	0.0015	0.69	0.34	3.14	0.611	OK
COND190	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND189	50.8	0.0015	0.12	0.06	0.13	0.611	OK
COND63	50.8	0.0015	0.85	0.42	4.48	0.611	OK
COND61	50.8	0.0015	0.15	0.07	0.22	0.611	OK
COND64	50.8	0.0015	0.75	0.37	3.6	0.611	OK
COND66	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
COND69	50.8	0.0015	0.25	0.12	0.54	0.611	OK
COND170	50.8	0.0015	1.37	0.68	10.46	0.611	KO
COND171	50.8	0.1524	1.37	0.68	13.73	0.611	KO
COND83	76.2	0.0015	2.09	0.46	3.19	0.719	OK
COND84	76.2	0.0015	3.68	0.81	8.72	0.719	KO
COND82	76.2	0.0015	1.4	0.31	1.57	0.719	OK
COND95	76.2	0.0015	0.47	0.1	0.23	0.719	OK

12	76.2	0.0015	6.04	1.32	21.14	0.719	KO
COND94	76.2	0.0015	6.04	1.32	21.14	0.719	KO
COND70	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND96	76.2	0.0015	0.35	0.08	0.14	0.719	OK
COND294	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
13	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
COND59	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND60	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
COND58	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND56	76.2	0.0015	0.71	0.16	0.49	0.719	OK
COND57	76.2	0.0015	0.71	0.16	0.48	0.719	OK
COND65	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND72	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
COND67	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.78	0.719	OK
3	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.78	0.719	OK
COND71	76.2	0.0015	0	0	0	0.719	OK
8	76.2	0.0015	0.93	0.2	0.77	0.719	OK
COND117	76.2	0.0015	4.62	1.01	13.05	0.719	KO
COND115	76.2	0.0015	5.55	1.22	18.15	0.719	KO
COND122	76.2	0.0015	5.8	1.27	19.64	0.719	KO
COND121	76.2	0.0015	5.8	1.27	19.65	0.719	KO
COND118	76.2	0.0015	5.88	1.29	20.14	0.719	KO
COND119	76.2	0.0015	5.8	1.27	19.64	0.719	KO
COND120	76.2	0.0015	5.8	1.27	19.65	0.719	KO
COND116	76.2	0.0015	4.62	1.01	13.05	0.719	KO
COND168	76.2	0.0015	2.94	0.64	5.83	0.719	OK
COND169	76.2	0.0015	2.94	0.64	5.83	0.719	OK
COND126	150.6	0.0015	15.65	0.88	4.44	0.944	OK
COND125	150.6	0.0015	15.65	0.88	4.44	0.944	OK
COND127	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.944	KO
COND229	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.52	0.944	OK
COND128	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.944	KO
COND221	150.6	0.0015	9.33	0.52	1.76	0.944	OK
COND222	150.6	0.0015	9.33	0.52	1.75	0.944	OK
COND220	150.6	0.0015	9.33	0.52	1.75	0.944	OK
COND218	150.6	0.0015	9.33	0.52	1.75	0.944	OK
COND219	150.6	0.0015	9.33	0.52	1.76	0.944	OK
COND223	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.52	0.944	OK
COND227	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.51	0.944	OK
COND228	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.53	0.944	OK
COND226	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.52	0.944	OK
COND224	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.52	0.944	OK
COND225	150.6	0.0015	8.62	0.48	1.52	0.944	OK
COND124	150.6	0.0015	13.38	0.75	3.35	0.944	OK
COND104	150.6	0.0015	13.38	0.75	3.35	0.944	OK

COND105	150.6	0.0015	13.14	0.74	3.24	0.944	OK
COND106	150.6	0.0015	13.14	0.74	3.24	0.944	OK
COND101	150.6	0.0015	10.03	0.56	2	0.944	OK
COND102	150.6	0.0015	10.03	0.56	2	0.944	OK
COND103	150.6	0.0015	10.03	0.56	2	0.944	OK
COND110	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND111	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND112	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND107	150.6	0.0015	13.14	0.74	3.24	0.944	OK
COND108	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND109	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND81	150.6	0.0015	14.75	0.83	3.99	0.944	OK
COND85	150.6	0.0015	10.49	0.59	2.16	0.944	OK
Ficticio	150.6	0.0015	21.69	1.22	18.6	0.944	KO
COND123	150.6	0.0015	13.38	0.75	3.35	0.944	OK
COND79	150.6	0.0015	15.65	0.88	4.44	0.944	OK
COND80	150.6	0.0015	15.65	0.88	4.44	0.944	OK
COND98	150.6	0.0015	10.49	0.59	2.16	0.944	OK
COND99	150.6	0.0015	10.49	0.59	2.16	0.944	OK
COND100	150.6	0.0015	10.03	0.56	2	0.944	OK
COND114	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND113	150.6	0.0015	11.77	0.66	2.66	0.944	OK
COND97	150.6	0.0015	10.49	0.59	2.17	0.944	OK

Anexo 17

Tabela 78 - Velocidades instantâneas diárias da Conduta 128

MODELACAO AV NOVA CIDADE (VÁRIAS PRV)							
Dados da rede - Conduta "128"							
Time	Diâmetro	Rugosidade	Caudal	Velocidade	Perda de carga contínua	Fator de fricção	Max Speed
Horas	mm	mm	LPS	m/s	m/km	-	m/s
0:00	150.6	0.0015	0.51	0.03	0.01	0.04	0.944
1:00	150.6	0.0015	0.51	0.03	0.01	0.039	0.944
2:00	150.6	0.0015	0.73	0.04	0.02	0.036	0.944
3:00	150.6	0.0015	0.94	0.05	0.03	0.033	0.944
4:00	150.6	0.0015	1.6	0.09	0.08	0.029	0.944
5:00	150.6	0.0015	5.08	0.29	0.59	0.022	0.944
6:00	150.6	0.0015	8.34	0.47	1.44	0.019	0.944
7:00	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.016	0.944
8:00	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.016	0.944
9:00	150.6	0.0015	8.34	0.47	1.44	0.019	0.944
10:00	150.6	0.0015	5.44	0.31	0.67	0.021	0.944
11:00	150.6	0.0015	2.54	0.14	0.18	0.026	0.944
12:00	150.6	0.0015	7.62	0.43	1.22	0.02	0.944
13:00	150.6	0.0015	6.89	0.39	1.02	0.02	0.944
14:00	150.6	0.0015	4.35	0.24	0.45	0.022	0.944
15:00	150.6	0.0015	3.26	0.18	0.27	0.024	0.944
16:00	150.6	0.0015	5.44	0.31	0.67	0.021	0.944
17:00	150.6	0.0015	8.41	0.47	1.46	0.019	0.944
18:00	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.016	0.944
19:00	150.6	0.0015	21.69	1.22	8	0.016	0.944
20:00	150.6	0.0015	8.27	0.46	1.42	0.019	0.944
21:00	150.6	0.0015	5.51	0.31	0.69	0.021	0.944
22:00	150.6	0.0015	2.9	0.16	0.22	0.025	0.944
23:00	150.6	0.0015	0.58	0.03	0.01	0.038	0.944
0:00	150.6	0.0015	0.51	0.03	0.01	0.039	0.944