



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cláudia Filipa de Oliveira Passos

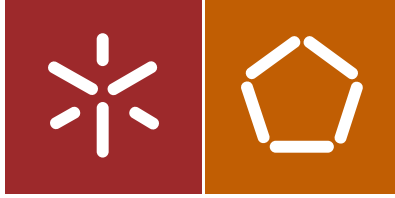
Dimensionamento Técnico-Económico
de Sistemas Prediais de Abastecimento
de Água

Dimensionamento Técnico-Económico de
Sistemas Prediais de Abastecimento de Água

Cláudia Filipa de Oliveira Passos

UMinho | 2016

dezembro de 2016



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cláudia Filipa de Oliveira Passos

Dimensionamento Técnico-Económico
de Sistemas Prediais de Abastecimento
de Água

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Júlio Ferreira da Silva

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Júlio Ferreira da Silva, pela disponibilidade e apoio à elaboração da dissertação.

Agradecer ao meu irmão, pelo desafio que me criou no início da realização da dissertação, pelo incentivo e apoio. Pela ajuda e colaboração nos momentos de maior dificuldade.

Ao meu pai, pela ajuda e espírito crítico, pelos conselhos e ensinamentos. À minha mãe, agradeço, eternamente, o esforço e dedicação, o apoio incondicional, o carinho e a paciência nos momentos mais difíceis, por nunca me deixar desistir. Agradeço a ambos pela liberdade que me deram de escolher e viver este percurso.

Aos meus avós, agradeço o carinho de sempre. Sem eles, não teria sido possível.

À minha madrinha e ao meu padrinho pelo exemplo que representam. Por demonstrarem que sem esforço nada se consegue e que para todas as dificuldades existe uma solução. Pela motivação, ajuda e amizade. Pelos momentos de felicidade e diversão.

Ao Paulo Meixedo, pela ajuda nas dificuldades que surgiram na dissertação.

Às “Marias”, amigas de todas as horas, pelas palavras de encorajamento, pelo apoio nos momentos de dificuldade, por não me deixarem quebrar, pela confiança, tranquilidade e carinho. Pela amizade dos últimos oito anos e apoio inquestionável dos últimos meses.

Aos amigos que fiz nesta Universidade, por terem tornado esta etapa especial, pelo apoio demonstrado, pela solidariedade e companheirismo. Agradeço em particular à Marta Soares, à Cristiana Barbosa, ao Diogo Coelho, ao Bruno Araújo, ao Wilson Dias, ao Vítor Araújo e ao João Barroso pela amizade destes cinco anos, pela ajuda e espírito de aventura. Um agradecimento especial ao João Martins, à Paula Castro, ao Rui Costa e ao Tiago Oliveira pela amizade dos últimos meses, pelo espírito de entajuda, pela compreensão, pelo apoio e camaradagem. A todos, por terem feito destes 5 anos, os melhores.

Ao João Pedro, por ter tornado os últimos meses inesquecíveis. Por ter sido fundamental no desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Por nunca me ter deixado desistir. Pelas palavras e apoio nos momentos de maior dificuldade. Por toda a compreensão demonstrada. Pela amizade, amor e carinho.

Por último, agradecer a todos os docentes que contribuíram para a minha formação e aprendizagem ao longo destes cinco anos de Universidade.

RESUMO

A água é um recurso fundamental e de inquestionável importância no quotidiano do Homem. Este é responsável por enormes volumes de consumo de água potável sendo a maioria do consumo realizada em atividades domésticas. O acesso a água potável está diretamente relacionado com o desempenho dos sistemas prediais de abastecimento de água, quer em termos de qualidade quer em termos de conforto.

Na presente dissertação é abordado o tema dos sistemas prediais de abastecimento de água direcionado à componente do dimensionamento, sendo o objetivo principal o desenvolvimento de um programa de cálculo hidráulico.

Tendo em conta o objetivo principal da dissertação, optou-se por uma abordagem ao tema em três fases. A primeira fase diz respeito à revisão dos conhecimentos sobre a temática dos sistemas de abastecimento de água, referindo a evolução que estes tiveram ao longo dos anos e quais as perspetivas futuras de desenvolvimento. É objetivo desta fase consciencializar para a sustentabilidade e gestão dos recursos hídricos fazendo referência aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, reaproveitamento de águas cinzentas e ainda o aquecimento de água por energia solar.

Na segunda fase, realiza-se a revisão bibliográfica referente à conceção dos sistemas, tendo por base os consumos de água e os critérios referidos no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais e na Norma Europeia vigentes atualmente.

A última fase corresponde ao desenvolvimento do programa de cálculo. Procedeu-se à caracterização da estrutura do programa, bem como à construção e programação do mesmo. Por fim, aplica-se o programa a alguns exemplos práticos.

Palavras-chave: sistemas prediais de abastecimento de água, dimensionamento hidráulico.

ABSTRACT

Water is a key resource and of unquestioned importance in everyday life of Man. This is responsible for huge volumes of consumption of drinking water, with most consumption held in domestic activities. Access to drinking water is directly related to the performance of water supply building systems, both in terms of quality and in terms of comfort.

This dissertation addresses the theme of water supply building systems directed to the scaling component, being the main goal the development of a hydraulic calculation program.

Having regard to the main objective of the dissertation, we opt for an approach to the topic in three phases. The first phase concerns the review of knowledge about water supply systems, referring to evolution that they have had over the years and what are the future perspectives of development. It is an objective of this phase to raise awareness for sustainability and management of water resources referencing the rainwater utilization systems, reuse of grey water and still water heating by solar energy.

In the second phase, the literature on the design of systems is reviewed, based on the water consumption and the criteria referred to in the *General Regulation of Public and Building Systems of Water Distribution and Drainage* and in European standard in force currently.

The last phase corresponds to development of calculation program. We do the characterization of the structure of the program, as well as the construction and programming. Finally, the program is applied to some practical examples.

Key words: water supply building systems; hydraulic calculation.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento Geral.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	5
2.1 Evolução histórica.....	5
2.2 Atualidade e Perspetivas Futuras.....	6
2.2.1 Aproveitamento de águas pluviais.....	7
2.2.2 Aproveitamento de águas cinzentas.....	8
2.2.3 Sistemas de Aquecimento Solar de Água.....	9
2.2.4 Enquadramento Jurídico.....	12
3. UTILIZAÇÕES DE ÁGUA.....	15
3.1 Introdução.....	15
3.2 Solicitações de água para consumo humano.....	16
3.3 Quantidades de água para combate a incêndio.....	18
3.4 Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.....	20
4. CONCEÇÃO E METODOLOGIA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	21
4.1 Tipos de Sistemas.....	22
4.2 Constituição das redes prediais de abastecimento.....	25
4.3 Materiais.....	27
4.4 Critérios gerais de dimensionamento hidráulico.....	28
5. DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO COM RECURSO A PROGRAMA DE CÁLCULO.....	33
5.1 Objetivo.....	33

5.2	Estrutura do programa	33
5.2.1	Estrutura principal.....	34
5.3	Critérios de dimensionamento utilizados no programa.....	36
5.4	Construção do programa	40
5.5	Código do programa.....	47
5.6	Aplicação prática do programa.....	63
6.	CONCLUSÃO	69
6.1	Conclusões.....	69
6.2	Sugestões de trabalhos futuros	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXOS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Aproveitamento de Energia Solar: ativa e passiva.....	10
Figura 2.2 – Horas de exposição solar em média anual	11
Figura 4.1 - Esquema de alimentação direta (a) e alimentação direta com sobressor (b) (Leitão, 2013)	22
Figura 4.2 - Esquema de alimentação indireta com reservatório elevado (a) e esquema de alimentação indireta com reservatório na base do edifício e reservatório elevado (b) (Leitão, 2013).....	23
Figura 4.3 - Esquema de alimentação misto (Leitão, 2013).....	24
Figura 4.4 - Esquema representativo dos elementos constituintes da rede de distribuição (Leitão, 2013).....	25
Figura 4.5 - Sistema de baterias de contadores	26
Figura 4.6 – Método gráfico de Delebecque	29
Figura 4.7 – Método CTSB, gráfico para determinar o diâmetro mínimo (Sá, 2012)	30
Figura 4.8 - Método CTSB, gráfico para determinação do coeficiente de simultaneidade(Sá, 2012).....	31
Figura 5.1 - Template Microsoft Visual Basic 2010 Express	40
Figura 5.2 – Form	41
Figura 5.3 – Secções e subsecções do programa	43
Figura 5.4 – Elementos constituintes da secção Instalação Coletiva de Água Fria – Característica e Especificações.....	44
Figura 5.5 - Elementos constituintes da secção Instalação Interior de Água Fria – Característica e Especificações.....	44
Figura 5.6 – Exemplo de secção com linhas de cálculo	45
Figura 5.7 – Exemplo de nome do elemento	46
Figura 5.8 – Exemplo de PictureBox	46
Figura 5.9 – Secção Orçamentação	47
Figura 5.10 – Propriedade Items da ComboBox do parâmetro Fórmula de Dimensionamento	49
Figura 5.11 – Conteúdo da ComboBox do parâmetro Fórmula de Dimensionamento	49
Figura 5.12 – NumericUpDown da pressão mínima na rede da Instalação Coletiva de Água Fria	50

Figura 5.13 - NumericUpDown da velocidade de escoamento admissível da Instalação Coletiva de Água Fria.....	50
Figura 5.14 - NumericUpDown da velocidade de escoamento admissível da Instalação Interior de Água Fria.....	51
Figura 5.15 - NumericUpDown da pressão mínima nos dispositivos da Instalação Coletiva de Água Fria.....	51
Figura 5.16 – Escolha do dispositivo na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção Dispositivos e Tipologias.....	52
Figura 5.17 - Identificação do dispositivo nas secções Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente, subsecção Dispositivos	53
Figura 5.18 - Identificação do dispositivo nas secções Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente, subsecção Dimensionamento	53
Figura 5.19 – Código relativo à escolha do dispositivo na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção Dispositivos e Tipologias	54
Figura 5.20 – Cálculo do caudal total por tipologia.....	54
Figura 5.21 – Código do caudal total por tipologia	55
Figura 5.22 – Código caudal total tipologia 1	56
Figura 5.23 – Código do caudal de cálculo da Instalação Interior de Água Fria.....	57
Figura 5.24 – Código automático do caudal acumulado e do nível de conforto da Instalação Interior de Água Fria.....	58
Figura 5.25 – Excerto do código de atribuição de diâmetro interno e externo da Instalação Coletiva de Água Fria	59
Figura 5.26 – Código automático do elemento cujo parâmetro é o diâmetro calculado.....	59
Figura 5.27 – Excerto do código da função “Guardar”.....	60
Figura 5.28 – Ficheiro .txt gerado pela função “Guardar”.....	61
Figura 5.29 – Valores guardados no ficheiro .txt.....	61
Figura 5.30 – Excerto do código da função “Exportar”.....	62
Figura 5.31 – Informação do programa relativo à função “Exportar”	63
Figura 5.32 – Excerto do ficheiro .xls gerado pelo programa.....	63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Valores mínimos de caudais instantâneos	17
Tabela 3.2 – Influência de fatores externos	18
Tabela 3.3 - Grau de risco de incêndio e respetivos caudais	19
Tabela 4.1 - Válvulas.....	27
Tabela 4.2 – Equações para determinação do caudal de cálculo.....	29
Tabela 5.1 – Constituição das secções do programa	35
Tabela 5.2 - Constituição das secções do programa (continuação).....	36
Tabela 5.3 – Critérios de dimensionamento	37
Tabela 5.4 - Critérios de dimensionamento (continuação).....	38
Tabela 5.5 – Fator Rugosidade (Barbosa, 1985, 1986; Pedroso, 2000)	38
Tabela 5.6 – Dimensões usuais de tubagens metálicas(Pedroso, 2000).....	39
Tabela 5.7 – Dimensões usuais de tubagens em plástico (Pedroso, 2000).....	39
Tabela 5.8 – Precedências da codificação dos elementos estruturais.....	42
Tabela 5.9 – Exemplo de nomes de variáveis	48
Tabela 5.10 – Ramais de introdução e de ligação(Pedroso, 2000).....	64
Tabela 5.11 – Ramais de distribuição e alimentação(Pedroso, 2000).....	64
Tabela 5.12 – Valores de dimensionamento referidos no M.S.P.D.D.A.(Pedroso, 2000)	65
Tabela 5.13 – Valores de dimensionamento obtidos pelo programa de cálculo	65
Tabela 5.14 - Valores de dimensionamento obtidos pelo programa de cálculo (continuação)	66

NOMENCLATURA

ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado
b	Fator Rugosidade – Fórmula de Flamant
C	Fator Rugosidade - Fórmula de Hazen-Williams
CAF	Instalação Coletiva de Água Fria
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cs	Coefficiente de Simultaneidade
D _c	Diâmetro Calculado
EPAL	Empresa Portuguesa das Águas Livres
ETAR	Estações de Tratamento de Águas Residuais
F	Fator de Resistência
g	Aceleração da Gravidade
h	Altura
INAG	Instituto da Água
IAF	Instalação Interior de Água Fria
IAQ	Instalação Interior de Água Quente
J	Perda de Carga Unitária
kPa	Quilopascal
L _{eq.}	Comprimento Equivalente
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
L/s	Litros por segundo
mm	Milímetros
MSPDDA	Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEX	Polietileno Reticulado
P _{final}	Pressão Final
P _{inicial}	Pressão Inicial
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinilo

Q_a	Caudal Acumulado
Q_c	Caudal de Cálculo
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais
V	Velocidade
ε	Rugosidade Absoluta
ΔP	Perda de Carga Dinâmica
ΔP_c	Perda de Carga Total
ν	Viscosidade Cinemática

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Geral

A água, embora seja o recurso mais abundante no planeta Terra, é também o mais explorado. A importância deste elemento e os usos que lhe estão atribuídos levaram à evolução de técnicas de transporte e distribuição. Apesar da evolução dos sistemas de distribuição ter sido gradual ao longo dos anos, foi no século XX que se deu o grande avanço ao nível dos sistemas prediais de abastecimento de água, visto se ter verificado um aumento demográfico e do consumo de água (Afonso, 2001; Assis Paixão, 1999).

Associado ao aumento do consumo generalizado surgiu também o conceito de segurança e qualidade da água fornecida o que levou à criação de normas e regulamentos criando exigências no que diz respeito à conceção dos sistemas prediais de abastecimento de água e ao controlo da qualidade da mesma.

Embora, tenham sido criadas normas e regulamentos relativamente à conceção dos sistemas prediais de abastecimento de água, a disparidade existente entre o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais e a Norma Europeia em vigor provocam incertezas no que diz respeito ao dimensionamento destes sistemas que, devido à complexidade do projeto e número de elementos e variáveis envolvidos, obrigam à predefinição de critérios e métodos para uma correta realização.

O dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento prende-se igualmente com o estudo da viabilidade técnico-económica dos mesmos, sendo essencial conciliar a gestão, sustentabilidade, conforto e segurança à solução mais económica.

Atualmente, a dinâmica da sustentabilidade representa uma parcela importante no que diz respeito à conceção dos sistemas prediais de abastecimento de água. O desenvolvimento tecnológico permitiu a criação de soluções para a utilização sustentável de água e controlo dos

consumos através da adoção de estratégias de sustentabilidade entre as quais a procura de fontes alternativas de água ou reaproveitamento de águas pluviais ou cinzentas.

1.2 Objetivos

A conceção 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 combate a incêndios. (*Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*, 1995)

A presente dissertação pretende aprofundar os conhecimentos sobre os fatores fundamentais a ter em conta na conceção dos sistemas prediais de abastecimento de água tendo por base o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais e a Norma Europeia vigentes atualmente.

É também objetivo a consciencialização para a sustentabilidade e gestão dos recursos hídricos abordando os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reaproveitamento de águas cinzentas.

O objetivo principal da dissertação consiste no desenvolvimento de um programa de apoio ao dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água. Pretende-se que o programa permita a escolha da fórmula de resistência e o tipo de material a utilizar e ainda o desenvolvimento de rotina de cálculo que apoie na análise económica e na seleção de alternativas e aplicação do mesmo a um caso de estudo.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos principais definindo de seguida os conteúdos de cada um.

O presente capítulo contextualiza o enquadramento do tema da dissertação, estabelecendo os objetivos da mesma e a metodologia utilizada.

No capítulo 2 efetua-se uma revisão relativa à evolução dos sistemas prediais de abastecimento, apresentam-se problemáticas atuais e perspectivas futuras referentes à temática da sustentabilidade.

No capítulo 3 apresentam-se os consumos atuais de água relativamente ao consumo humano e para combate a incêndio. Apresenta-se igualmente o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água aplicado ao consumo deste recurso.

No capítulo 4 são caracterizados os sistemas prediais de abastecimento de água, detalhando-se os tipos de sistemas, constituintes destas redes, tipos de materiais utilizados e os critérios gerais de dimensionamento.

O capítulo 5 contem a modelação prática da dissertação, definindo-se o programa de cálculo criado. Define-se os objetivos do programa, a estrutura do mesmo, os critérios de dimensionamento hidráulico utilizados. Apresenta-se o método de construção do programa bem como o código usado. Também neste capítulo se demonstra a aplicação prática do programa.

No capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1 Evolução histórica

Desde os tempos primórdios que o Homem reconheceu a necessidade da utilização de água não só como elemento essencial à vida, mas também como fator fundamental para o desenvolvimento da civilização humana. A dependência da água levou ao desenvolvimento progressivo de técnicas de captação, transporte e distribuição.

O estabelecimento das primeiras sociedades primitivas foi realizado junto ao mar e nas proximidades dos rios onde o acesso a água para beber, produção de alimentos e meios de defesa era mais facilitado. No entanto, o facto das populações estarem expostas aos efeitos das cheias fez com que estas se deslocassem, impondo a necessidade de criar sistemas de captação e distribuição de água até aos locais onde se fixaram. Atribui-se a este fenómeno a criação de conceito de abastecimento de água (P. Silva, 2015).

Embora se conheçam sistemas de transporte mais antigos, as primeiras referências aos sistemas de distribuição de água remontam à antiga Babilónia, onde existiam canalizações feitas com tubos de grés (Afonso, 2001).

No auge da civilização grega, as cidades já apresentavam extensos sistemas de distribuição domiciliária de água, A partir de captações nos cursos naturais, a água era conduzida sob os pavimentos dos arruamentos e posteriormente, por intermédio de derivações, era encaminhada para o interior das habitações (Assis Paixão, 1999; P. Silva, 2015).

O maior avanço ao nível de sistemas de abastecimento deu-se a partir do século XIX, período no qual foi desenvolvido um adequado sistema público de abastecimento nas cidades de Paris e Londres (Afonso, 2001).

Em 1905, na Inglaterra, Sir Alexander Houston, levou a cabo a primeira aplicação de cloro como desinfetante de água de abastecimento, tendo esta técnica sido aplicada nos Estados Unidos da América cinco anos depois (Afonso, 2001; Assis Paixão, 1999).

No século XX a conceção de redes prediais de abastecimento sofreu avanços significativos quer ao nível de dimensionamento quer ao nível de desenvolvimento de dispositivos. De notar que neste período o progresso na indústria dos materiais permitiu igualmente a evolução dos sistemas de abastecimento (Afonso, 2001; Assis Paixão, 1999; Sá, 2012).

Atualmente, o progresso dos sistemas prediais de abastecimento passa não só pela evolução em termos de dispositivos e materiais, mas também, e principalmente, pela criação de soluções que permitam um uso eficiente da água garantindo os níveis de conforto e segurança dos utilizadores.

2.2 Atualidade e Perspetivas Futuras

A disponibilidade de recursos hídricos depende de fatores climatéricos, da configuração da bacia hidrográfica, qualidade e quantidade na origem e existência de infraestruturas para armazenamento. (Teixeira, 2013)

A poluição antropogénica provoca a degradação da qualidade das águas (cursos) naturais traduzindo-se numa limitação no aproveitamento das mesmas. Todavia a procura da água tem vindo a aumentar provocando um desequilíbrio entre a procura e a disponibilidade, sendo desta forma urgente o desenvolvimento de alternativas.

A sustentabilidade está diretamente relacionada com o uso eficiente da água não só por carácter de escassez de recursos hídricos, mas também por questões de carácter económico.

Nos sistemas prediais de abastecimento, a sustentabilidade passa não só pela aplicação das medidas previstas no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), mas também pela incorporação de sistemas de reutilização de água e ainda em termos económicos pela utilização de sistemas de aquecimento de água.

As fontes alternativas ao sistema de abastecimento público são: água pluvial, água efluente gerada na própria habitação, água do mar (salgada) ou dessalinizada e ainda água proveniente de uma ETAR. No entanto, em qualquer uma das alternativas é necessário realizar tratamento.

2.2.1 Aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento de águas pluviais representa a captação e armazenamento da água da chuva antes que esta escoe para um curso de água ou se perca por evaporação ou infiltração. Esta água após ser submetida a tratamento pode ser utilizada para fins sem exigência de potabilidade como por exemplo recarga de autoclismos, rega de jardins, lavagem de pavimentos e equipamentos. Podem ainda ser utilizadas em máquinas de lavar roupa, alimentação de sistemas AVAC, combate a incêndios e alimentação de piscinas.

A água pluvial pode ser armazenada em açudes, reservatórios e cisternas. A solução mais viável consiste no armazenamento em reservatórios e cisternas uma vez que a conservação da qualidade da água é superior.

As vantagens do aproveitamento de águas pluviais são (A. I. Silva, 2014; T. Silva, 2012; Teixeira, 2013):

- Permitir controlar o volume de água drenada das coberturas e consequentemente melhorar a distribuição do volume de água no sistema de drenagem urbano possibilitando o controlo de cheias;
- Diminuição do consumo de água potável;
- Diminuição do volume de águas a tratar em ETAR;
- Fácil construção e manutenção com baixos custos de exploração;
- Armazenamento prolongado da água uma vez que a qualidade da água é relativamente boa;
- Redução das emissões de CO₂, uma vez que a operação é simples e requer menor consumo de energia quando comparada com os sistemas de abastecimento.

No entanto, estes sistemas apresentam também desvantagens (A. I. Silva, 2014; T. Silva, 2012; Teixeira, 2013):

- Dependência direta da variabilidade temporal;

- Elevado custo de investimento;
- Riscos de contaminação da água se não armazenada adequadamente;
- Capacidade de armazenamento pode limitar a quantidade de água a recolher;
- Qualidade da água vulnerável para a saúde.

A qualidade das águas pluviais depende da localização geográfica, condições atmosféricas locais, materiais de equipamentos e dispositivos de captação e armazenamento e da presença de vegetação ou detritos animais no local de recolha.

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são constituídos por (A. I. Silva, 2014):

- Superfície de captação/recolha;
- Sistema de transporte;
- Dispositivos de filtragem;
- Dispositivos de armazenamento;
- Tratamento;
- Rede de distribuição.

2.2.2 Aproveitamento de águas cinzentas

As águas residuais podem ser divididas em águas cinzentas e águas negras. As primeiras têm origem em lavatórios, banheiras, bidés, bancas de cozinha e máquinas de lavar roupa e louça. As segundas têm origem nas sanitas e são caracterizadas por apresentarem elevada carga orgânica, organismos patogénicos, fósforo e azoto e como tal são enviadas diretamente para tratamento em ETAR.

As águas cinzentas representam a maior parcela do volume de águas residuais, apresentam na sua constituição baixa carga orgânica, detergentes, óleos e gorduras sendo, no entanto de fácil tratamento e reutilização.

A reutilização de águas cinzentas exige que estas sejam submetidas a um tratamento adequado de forma a que sejam cumpridos os critérios de segurança ao nível da saúde dos utilizadores, preservação do meio ambiente e preservação dos equipamentos. Devem ainda ser cumpridas as exigências de qualidade e quantidade consoante o uso a que se destinam.

O volume de águas produzidas varia de acordo com os hábitos sanitários e nível de vida das famílias. Em termos médios, de acordo com as especificações técnicas da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), o consumo médio de água é de cerca de 100 L/hab./dia e a produção de águas cinzentas é de 70 L/hab./dia (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, 2014; Neves & Afonso, 2010).

O potencial de reutilização é de cerca de 48 L/hab./dia e podem ser utilizados em descargas de autoclismos, sistemas de rega, agricultura e sistemas de combate a incêndio.

As principais vantagens da reutilização de águas cinzentas são (T. Silva, 2012):

- Gestão dos recursos hídricos e aplicação do Programa Nacional do Uso Eficiente de Água;
- Redução do volume de águas a tratar em ETAR;
- Redução do uso de água potável e consequente redução dos custos associados;
- Custos de manutenção e operação reduzidos;
- Dimensionamento dos ramais de abastecimento público de água potável;
- Fácil reabilitação do sistema com água da rede pública.

Relativamente às desvantagens deste sistema destacam-se o elevado investimento inicial, menor qualidade da água, necessidade de local para reservatório e equipamentos de tratamento e ainda limitações da legislação em vigor.

2.2.3 Sistemas de Aquecimento Solar de Água

A radiação solar pode ser utilizada como fonte de energia térmica ou convertida para energia elétrica. O aproveitamento da energia constitui uma forma de sustentabilidade e encontra-se dividido em dois grupos: o ativo e o passivo, como se pode ver na figura 2.1 (Martins, 2013).

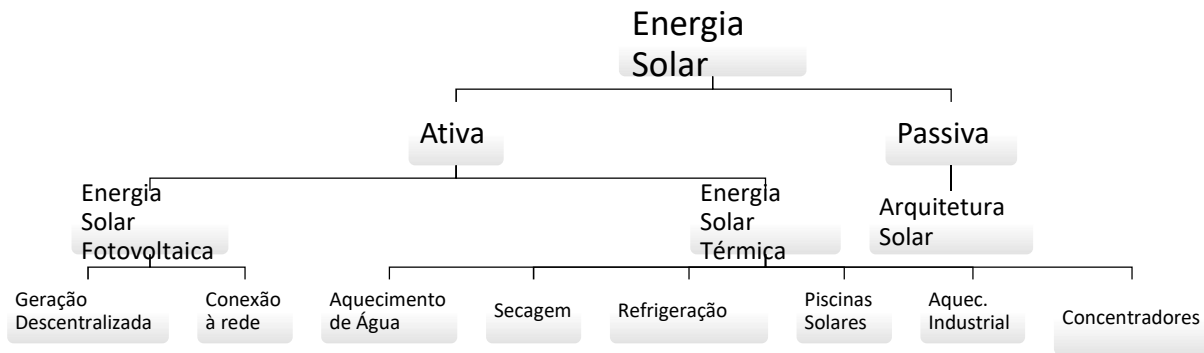


Figura 2.1 – Aproveitamento de Energia Solar: ativa e passiva

A eficiência do aproveitamento da energia solar é tanto maior quanto maior for a incidência solar no local. Na figura 2.2 apresentam-se as horas de exposição solar em média anual do país.

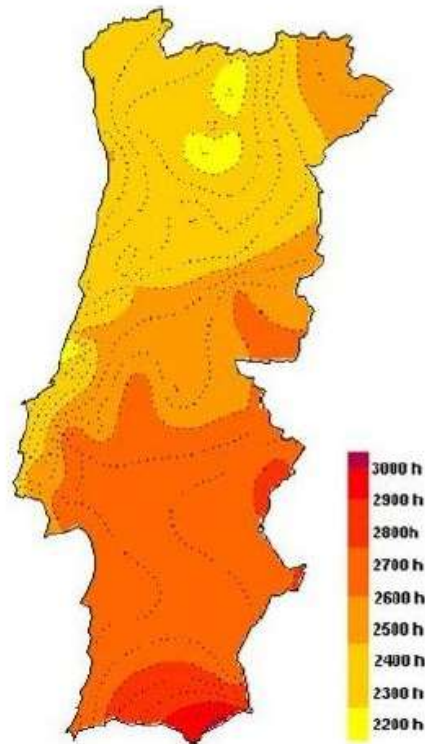


Figura 2.2 – Horas de exposição solar em média anual

A utilização da energia solar para aquecimento de água vem sendo realizada há várias décadas em inúmeros países. O custo associado às energias tradicionais é um fator de grande influência na adesão a este sistema de aproveitamento (Mogawer & Souza, 2004).

Os sistemas de aquecimento de água recorrendo a energia solar são constituídos por coletores solares, reservatórios térmicos, reservatórios de água e tubagens (Lafay, 2005). O coletor solar é um equipamento que capta a radiação solar e a converte em calor útil. Estes equipamentos são mais utilizados em edifícios residenciais e comerciais (A. S. C. Baptista, 2006).

O funcionamento de um sistema de aquecimento solar de água baseia-se no atravessamento da radiação solar através do vidro do coletor, sofrendo uma alteração no comprimento de onda. O aumento do comprimento de onda impede que a radiação, refletida pela superfície preta, atravesse o vidro originando um efeito de emissão de radiação vidro-superfície-vidro. Como o coletor se encontra hermeticamente fechado origina-se um fenómeno de efeito de estufa provocando o aumento progressivo da temperatura da superfície. Sob a superfície encontram-se as tubagens que contêm água e que, por consequência do aquecimento da superfície, existe a transferência de calor da superfície para as tubagens e destas para a água. O coletor está ligado

a um reservatório isolado termicamente que se situa acima do coletor. O aquecimento da água gera um movimento convectivo natural, ou seja, existe a transferência de água por um fenómeno de diferença de densidades até que se atinja o equilíbrio térmico (A. S. C. Baptista, 2006; Mogawer & Souza, 2004).

Estudos realizados em Portugal, no Brasil, em Espanha e na Índia demonstram que a implementação de sistemas de aquecimento solar de água promove a diminuição da utilização de energia eléctrica levando a uma redução significativa dos custos. Por outro lado, verifica-se que o facto de ser necessário um elevado investimento inicial impede a implementação destes sistemas (H. F. Naspolini, Militão, & Rüter, 2010; Helena F. Naspolini & Rüter, 2012; Srinivas, 2011; Zambrana-Vasquez et al., 2015)

2.2.4 Enquadramento Jurídico

Em Portugal, as normas, recomendações técnicas, critérios de qualidade relativas à reutilização de águas ainda não se encontram totalmente desenvolvidas.

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto) estabelece os conceitos, tecnologia de projeto, execução e gestão dos sistemas de distribuição de água e drenagem de águas residuais. Este regulamento apesar de referir a reutilização de águas residuais domésticas (art. 187º), proíbe a utilização de água não potável para outros usos que não a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares (art. 86º).

Desta forma, a implementação do proposto no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, publicado em junho de 2012, não é viabilizado de acordo com o descrito no artigo 86º do RGSPDADAR.

Assim, foi necessário efetuar alterações legislativas no sentido de incluir regulamentação específica relativa à identificação das redes e dispositivos que transportem água não potável.

A criação das especificações técnicas da ANQIP fixaram regras relativas a sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (Comissão Técnica 0701), reutilização e

reciclagem de águas cinzentas (Comissão Técnica 0905) e ainda revisão do Decreto Regulamentar 23/95 (Comissão Técnica 1201).

Além do Regulamento e Especificações referidas anteriormente, é necessário destacar outros Decretos-Lei e normas relativos a esta matéria:

- Norma NP4434 – Estabelece os requisitos de qualidade das águas residuais tratadas cujo fim é a rega; define os processos, equipamentos e procedimentos de execução.

- Decreto-Lei 152/97 – As entidades gestoras dos sistemas multimunicipais e municipais de saneamento de águas residuais urbanas devem equacionar a produção de águas residuais tratadas para reutilização, como alternativa à sua rejeição nos meios recetores, sempre que essa solução se revele técnica e economicamente viável, tendo como objetivo a proteção das águas superficiais dos efeitos das descargas das águas residuais urbanas.

- Decreto-Lei 226-A/2007 – (art. 12º e 15º) a utilização de águas residuais tratadas na rega de culturas agrícolas e florestas está condicionada ao licenciamento pela Administração de Região Hidrográfica de Agricultura (ARH).

- Recomendação IRAR/ERSAR nº 02/2007 – “A distribuição do efluente tratado deve ser efetuada através de redes específicas com traçado definido em função dos pontos de consumo, sendo objeto de medidas cuidadas de identificação e limitação de acessibilidade para salvaguardar eventuais usos indevidos e contaminações na rede de abastecimento de água para consumo humano.”

3. UTILIZAÇÕES DE ÁGUA

3.1 Introdução

O consumo de água é afetado por múltiplos fatores nomeadamente o clima, o nível socioeconómico da população, a densidade demográfica, a tarifa da água, a existência ou não de rede de esgotos (Assis Paixão, 1999).

De acordo com o Programa Nacional de Uso Eficiente da Água, Portugal iniciou o século XXI, com uma procura de água anual estimada em 7500 milhões de m³, para o conjunto de três setores: urbano, agrícola e industrial. Embora a procura de água seja ainda significativa, houve uma redução de cerca de 43% entre 2000 e 2009 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

O uso eficiente da água contribuiu para a redução, no entanto, a diminuição das perdas nos sistemas de transporte e distribuição no setor urbano e a abrangência das indústrias pelo regime de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição conduziu igualmente para a redução significativa das perdas.

No que diz respeito ao setor agrícola, o aumento da eficiência global do uso da água, através da redução das perdas, teve por base a contribuição das medidas implementadas no âmbito do Programa de Desenvolvimento Rural (ProDer).

A sustentabilidade dos recursos hídricos é um tema cada vez mais em voga atualmente devido à escassez da água provocada pelas alterações climáticas e o aumento exponencial da população que, conseqüentemente contribui para o aumento da procura deste elemento. Como tal, torna-se necessário a criação de soluções que permitam o controlo dos consumos quer seja por redução direta de utilização quer pela implementação de métodos de aproveitamento ou reutilização.

As necessidades de consumo variam de acordo com o fim a que se destina a água, ou seja, se se destinam a consumo doméstico, comercial, industrial, público ou de combate a incêndio. (Assis Paixão, 1999)

3.2 Solicitações de água para consumo humano

O dimensionamento de redes de abastecimento de água é efetuado tendo em consideração o uso do edifício e respetivas necessidades de consumo.

No que diz respeito ao consumo doméstico, que representa a maioria dos consumos urbanos, as necessidades mínimas variam de acordo com a região, dimensão do agregado populacional e ainda com os hábitos do mesmo.

De acordo com o Regulamento Geral de Sistemas Públicos Prediais de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais, os consumos mínimos, para qualquer que seja o horizonte de projeto, que devem ser cumpridos são:

- 80 L/hab/dia – até 1000 habitantes
- 100 L/hab/dia – de 1000 a 10000 habitantes
- 125 L/hab/dia – de 10000 a 20000 habitantes
- 150 L/hab/dia – de 20000 a 50000 habitantes
- 175 L/hab/dia – mais de 50000 habitantes

(Assis Paixão, 1999) propõe que em casos de urbanizações e condomínios de luxo, hotéis, entre outros, os valores de capitações poderão atingir valores de 400 L/hab./dia.

No caso de edifícios de usos não habitacionais são indicados os seguintes valores: (F. P. Baptista, 2011)

- Escolas – 10 L/hab./dia
- Escritórios – 15 L/hab./dia
- Hospitais – 300 a 400 L/cama/dia
- Restaurantes – 20 a 45 L/pessoa/dia

No que diz respeito aos consumos de água para uso doméstico, é necessário ter em atenção os caudais necessários que deverão chegar aos dispositivos de utilização tendo em consideração as particularidades de cada um (Teixeira, 2013), denominados caudais instantâneos. Os valores mínimos a adotar são apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Valores mínimos de caudais instantâneos

Dispositivo	Caudais de dimensionamento		Caudais
	[L/s]		mínimos [L/s]
	RGSPDADAR	EN 806-3	
Lavatório individual	0,10	0,10	0,10
Lavatório coletivo (por bica)	0,05	Não definido	Não definido
Bidé	0,10	0,10	0,10
Banheira	0,25	0,40	0,30
Chuveiro individual	0,15	0,20	0,15
Banho não doméstico	Não definido	0,80	0,80
Pia de despejo	0,15	0,20	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10	0,10	0,10
Mictório com torneira individual	0,15	Não definido	Não definido
Pia lava-louça	0,20	0,20	0,15
Pia lava-louça não doméstica (DN20)	Não definido	0,80	0,80
Bebedouro	0,10	Não definido	Não definido
Máquina de lavar a louça	0,15	0,20	0,15
Máquina ou tanque de lavar a roupa	0,20	0,20	0,15
Bacia de retrete com fluxómetro	1,50	1,50	1,00
Mictório com fluxómetro	0,50	0,30	0,15
Boca de rega ou lavagem de ϕ15 mm	0,30	0,5	0,4
Boca de rega ou lavagem de ϕ20 mm	0,45		
Máquina industriais e outros aparelhos não especificados	A definir pelo fabricante		

Verifica-se que os valores propostos pelos métodos apresentam diferenças. Estas, surgem porque a ponderação em termos de simultaneidade é desigual nos dois métodos. Outro fator que contribui para a desigualdade de valores é o facto de a Norma Europeia ter sido realizada mais recentemente e, como tal, apresenta valores mais adequados aos dispositivos atuais e com exigências diferentes das consideradas no Regulamento Nacional.

Tal como acontece nos caudais instantâneos, o consumo por utilização é influenciado por fatores externos, independentes das características dos dispositivos. A pressão na rede, as condições climáticas ou os hábitos dos consumidores são exemplos de fatores externos. Na tabela 3.2 descreve-se a influência destes fatores no consumo por cada utilização, na duração média de cada utilização e na frequência das utilizações (Afonso, 2001).

Tabela 3.2 – Influência de fatores externos

	Pressão a montante	Condições climáticas	Hábitos dos consumidores
Caudais instantâneos	(±)	(-)	(-)
Duração média de cada utilização	(-)	(±)	(+)
Consumo em cada utilização	(±)	(±)	(+)
Frequência das utilizações	(-)	(±)	(+)

O símbolo (+) indica que o fator tem influência significativa, o símbolo (-) indica influência reduzida e o símbolo (±) influência moderada.

3.3 Quantidades de água para combate a incêndio

As redes de abastecimento de combate a incêndio são concebidas com a função de salvaguardar e proteger vidas humanas e bens materiais (Assis Paixão, 1999).

A eficiência das instalações de combate a incêndio permite limitar o risco de ocorrência de incêndio, evitar a propagação e facilitar a intervenção dos bombeiros.

A previsão do consumo de água num sistema predial de combate a incêndio é incerta uma vez que a ocorrência de um incêndio é de carácter probabilístico e aleatório (Esteves, 2011). Por outro lado, o consumo horário é muito elevado aquando da ocorrência de um incêndio.

Assim, o RGSPPDADAR, estabelece que os volumes de água para combate a incêndio são função do risco da sua ocorrência e propagação associados à zona de localização do edifício:

- Grau 1 – zona urbana de risco mínimo de incêndio, devido à fraca implantação de edifícios, predominantemente do tipo familiar;
- Grau 2 – zona urbana de baixo grau de risco, constituída predominantemente por construções isoladas com um máximo de quatro pisos acima do solo;
- 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;
- 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;
- Grau 5 – zona urbana de elevado grau de risco, caracterizada pela existência de construções antigas ou de ocupação essencialmente comercial e de atividade industrial que armazene, utilize ou produza materiais explosivos ou altamente inflamáveis.

Na tabela 3.3 apresentam-se os valores dos caudais instantâneos a garantir para o combate a incêndio de acordo com o grau de risco.

Tabela 3.3 - Grau de risco de incêndio e respetivos caudais

Grau de Risco	Caudal instantâneo (L/s)
Grau 1	15
Grau 2	22,5
Grau 3	30
Grau 4	45
Grau 5	A definir consoante o caso.

3.4 Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

“O PNUEA é um instrumento de política nacional para um uso eficiente da água, cujas linhas orientadoras resultaram de um importante esforço interministerial e interdepartamental com a coordenação do extinto Instituto da Água (INAG), apoiado tecnicamente pelo LNEC.”(Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)

O PNUEA tem como principal objetivo promover o uso eficiente da água, nos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar a escassez hídrica com o intuito de melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. Visa assim a implementação de uma nova cultura da água em Portugal garantindo as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país.

Com o objetivo de reduzir os desperdícios no uso da água nos setores urbano, agrícola e industrial para 20, 35 e 15%, respetivamente, até ao ano de 2020 é apresentado um conjunto de 87 medidas que consistem essencialmente na adequação tecnológica e dos comportamentos.

Relativamente aos sistemas prediais e instalações coletivas são apresentadas as seguintes medidas:

- Redução de pressão no sistema predial de abastecimento (controlo de pressões no sistema de distribuição predial, mantendo-as dentro dos limites convenientes);
- Isolamento térmico do sistema de distribuição de água quente (reduzir o desperdício de água do banho, até que a temperatura ideal seja atingida);
- Reutilização ou uso de água de qualidade inferior (utilização da água usada nos sistemas prediais, para fins adequados);
- Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento (redução do volume de água perdida na rede predial) (PNUEA, pág.30).

4. CONCEÇÃO E METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As redes prediais de abastecimento de água têm o propósito de garantir o abastecimento de água em perfeitas condições de segurança e assegurando a qualidade da mesma em questões de saúde pública dos consumidores, mas também o conforto.

A experiência adquirida ao longo do tempo bem como o desenvolvimento tecnológico possibilitaram estabelecer critérios e métodos que permitem o dimensionamento e execução de sistemas prediais de abastecimento de água de forma eficaz, existindo legislação e manuais que apoiam na resolução de problemas relativos a esta matéria.

A concepção de redes prediais deve ter em conta os níveis de conforto e exigência pretendidos pelos consumidores e deve atender aos níveis de pressão e caudal necessários nos dispositivos de utilização (Assis Paixão, 1999). A execução deste tipo de projeto tem conta as condições de aplicação e utilização, bem como as necessidades de traçado e condições da rede pública de abastecimento.

De acordo com o RGSPDADAR os sistemas prediais podem ser alimentados pela rede pública ou por instalações privadas de captação, como por exemplo poços ou furos privados. Contudo, de acordo com o disposto no artigo 82º do referido Decreto Regulamentar, a água proveniente da rede pública deve circular num sistema independente de águas com outras origens.

A otimização destes sistemas tem por base a aplicação de conhecimentos de nível técnico-regulamentar que permitem a resolução de necessidades de procura e uso de água e ainda beneficiar da eficiência de uso da água.

A concepção e execução destes sistemas tem, fundamentalmente, duas fases distintas. A primeira, consiste na realização do traçado tendo em atenção as características do local de implantação do projeto e também a legislação vigente. Na segunda etapa realiza-se o cálculo

da rede tendo por base os critérios de dimensionamento presentes no regulamento e norma em vigor.

4.1 Tipos de Sistemas

O abastecimento de água depende das condições de pressão na rede pública e das características do edifício podendo o abastecimento ser realizado de forma direta, indireta ou mista.

O abastecimento é realizado de forma direta quando a rede pública de distribuição de água disponibiliza as condições de pressão e caudal que permitem o correto funcionamento dos dispositivos de utilização presentes no edifício. Este tipo de alimentação é considerado o mais favorável, quer sob o ponto de vista económico, quer do ponto de vista de garantia de manutenção da qualidade da água distribuída. Outra vantagem deste tipo de sistema é não necessitar de armazenar a água em reservatórios. Em contrapartida, caso ocorra alguma falha no fornecimento ou variações de pressão ou caudal na rede pública, o abastecimento predial fica sujeito aos seus efeitos.

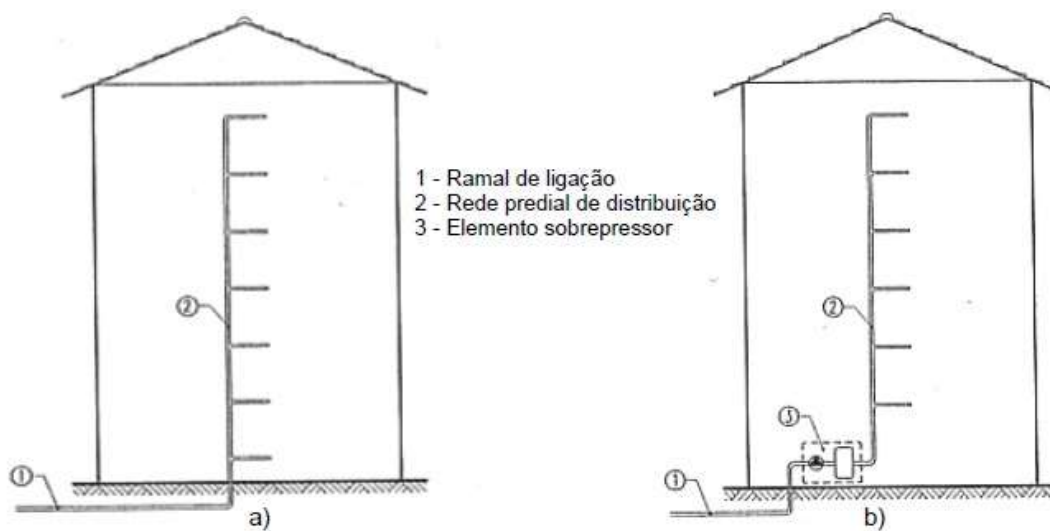


Figura 4.1 - Esquema de alimentação direta (a) e alimentação direta com sobrepessor (b) (Leitão, 2013)

Quando as condições de pressão disponibilizadas pela rede não garantem o desempenho correto dos dispositivos de utilização instalados pode optar-se pela instalação de um elemento sobrepessor no início do sistema predial tal como se vê na figura 4.1 (b). A adoção deste

sistema só deverá ser equacionada caso exista a garantia de que a rede pública de distribuição é servida adequadamente em termos de caudal e que o seu estado de conservação é satisfatório.

O sistema de abastecimento com alimentação indireta, representado na figura 4.2, é realizado quando as condições de pressão e caudal da rede pública são insuficientes para alimentar os dispositivos de utilização instalados. Assim procede-se ao armazenamento da água num reservatório colocado na parte mais elevada do edifício. Caso a pressão na rede pública permita a reposição da reserva diária necessária opta-se por um sistema com reservatório elevado que garanta o armazenamento. Caso contrário opta-se por instalar um sistema elevatório com um reservatório inferior.

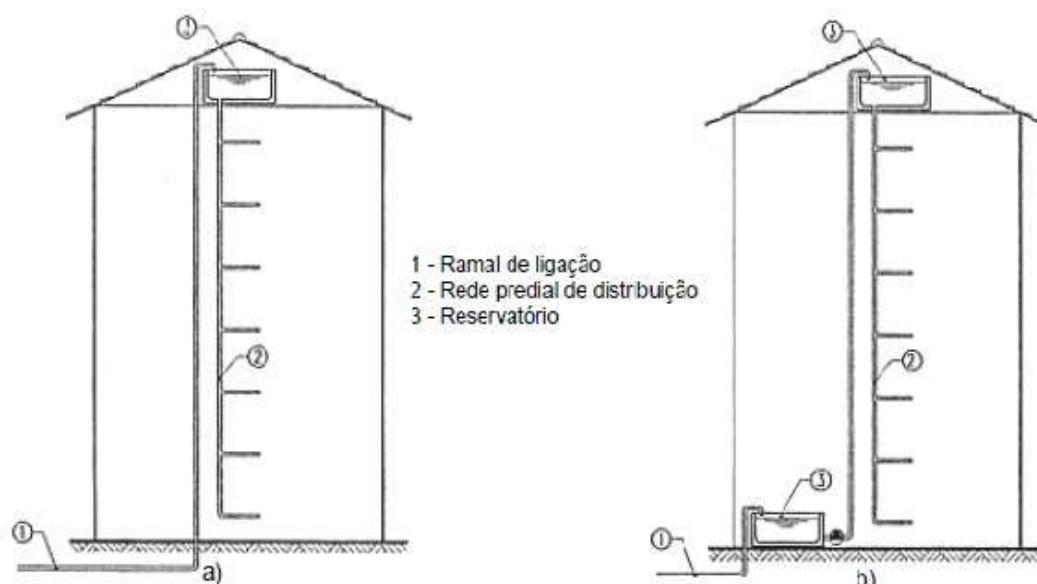


Figura 4.2 - Esquema de alimentação indireta com reservatório elevado (a) e esquema de alimentação indireta com reservatório na base do edifício e reservatório elevado (b) (Leitão, 2013)

No caso de edifícios de grande altura deve ser implementado um sistema de alimentação misto em que parte do sistema predial é alimentado diretamente a partir da rede pública de distribuição, cuja pressão disponível na rede possibilita o abastecimento até determinado piso, sendo a alimentação dos restantes pisos efetuada por intermédio de um sistema sobrepessor, como se pode observar na figura 4.3.

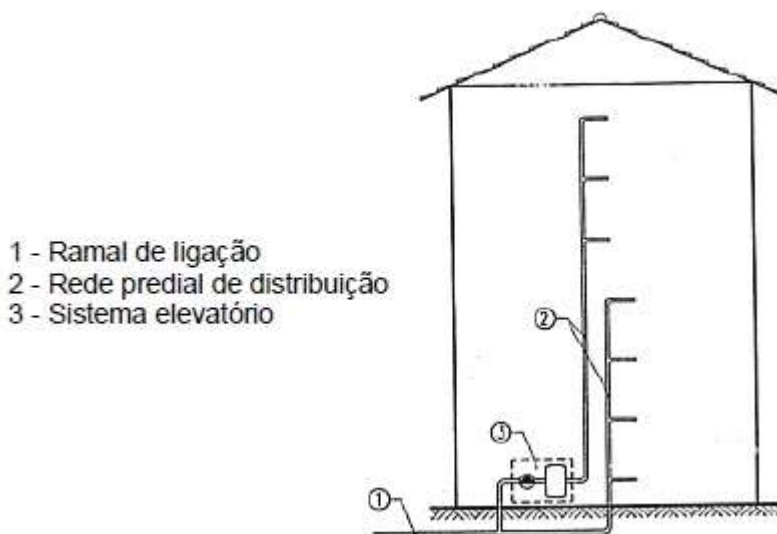


Figura 4.3 - Esquema de alimentação misto (Leitão, 2013)

Para que se possa verificar qual o sistema de abastecimento mais adequado deve ter-se em conta as condições de abastecimento da rede pública no local onde se pretende executar a edificação. De acordo com artigo 21º do RGSPDADAR:

“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:

$$H = 100 + 40n$$

Onde H é a pressão mínima (kPa) e n o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo...”

“2 – As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre os 50 kPa e os 400 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenha entre 150 kPa e 300 kPa.”

De acordo com a informação obtida junto da entidade gestora sobre as condições de pressão no local e de acordo com o disposto no RGSPDADAR define-se qual o sistema mais adequado a implementar no projeto.

4.2 Constituição das redes prediais de abastecimento

Os sistemas prediais de abastecimento de água são constituídos por vários elementos que estabelecem a ligação desde a conduta da rede pública de distribuição até ao último piso a abastecer. Os ramais de ligação que constituem a rede representados na Figura 4.4 são:

- Ramal de ligação – conduta compreendida entre a rede pública e o limite de edifício a alimentar;
- Ramal de introdução coletivo – conduta compreendida entre o limite da propriedade e os ramais de introdução individuais dos fogos;
- Ramal de distribuição – conduta que serve os ramais de ligação;
- Ramal de alimentação – conduta cujo fim é alimentar os diferentes dispositivos de utilização;
- Coluna montante – conduta de prumada de um ramal de introdução ou de um ramal de distribuição.

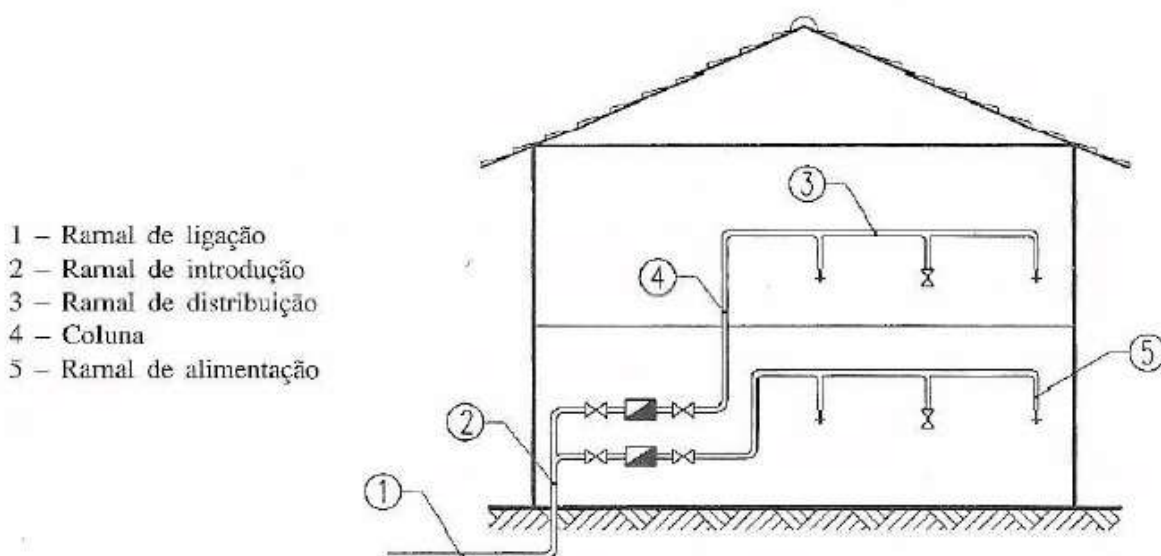


Figura 4.4 - Esquema representativo dos elementos constituintes da rede de distribuição
 (Leitão, 2013)

A conexão entre os diversos constituintes referidos anteriormente é realizada por intermédio de órgãos e acessórios diversos como juntas de ligação, caixas de derivação, válvulas, entre outros.

Os contadores, dispositivos de utilização, aparelhos complementares como reservatórios de acumulação de água para incêndio, reserva e regulação de caudais, são outros constituintes essenciais das redes prediais (Esteves, 2011).

Os contadores são aparelhos de medição que efetuam a leitura do volume de água consumido por cada consumidor. O tipo, classe e calibre do contador é da responsabilidade da entidade gestora.

De acordo com o disposto no artigo 105º do RGSPDADAR, os parâmetros que determinam a definição do contador são as características físicas e químicas da água, a pressão de serviço máximo admissível, o caudal de cálculo previsto na rede de distribuição predial e a perda de carga que provoca. Na instalação dos contadores pode ser adotado um sistema de bateria de contadores situados num local de fácil acesso para facilitar operações de leitura e manutenção.

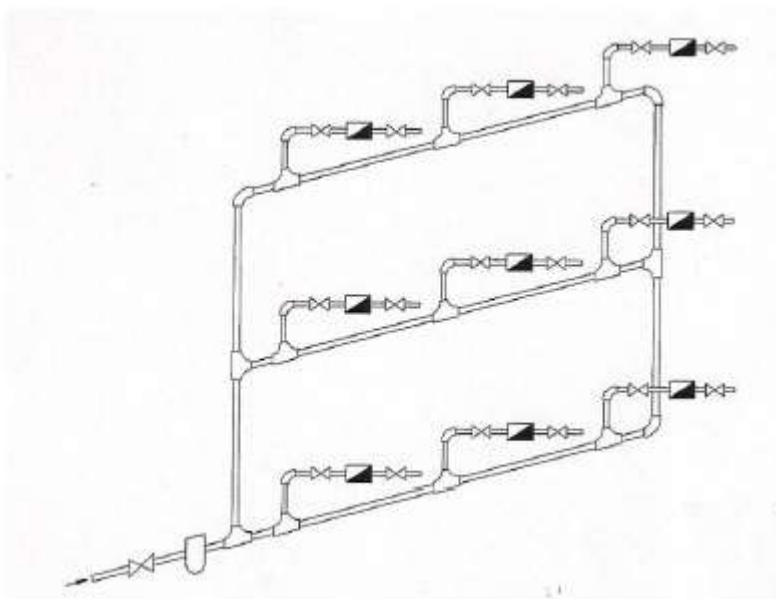


Figura 4.5 - Sistema de baterias de contadores

As válvulas são elementos fundamentais e obrigatórios na elaboração da rede predial, a descrição, função e respetiva localização encontram-se descritas tabela 4.1 conforme o descrito na regulamentação em vigor (Esteves, 2011; *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*, 1995).

Tabela 4.1 - Válvulas

Válvulas	Função	Localização
Válvula de Seccionamento	Impedir ou estabelecer a passagem de água em qualquer sentido de escoamento	Entrada dos ramais de distribuição; ramais de introdução; montante e jusante dos contadores; entrada das diferentes instalações sanitárias nos ramais dos autoclismos, de equipamentos de lavagem de louça e roupa e equipamentos de produção de água quente.
Válvula de Segurança	Manter a pressão abaixo de determinado valor por efeito de descarga.	Alimentação dos aparelhos produtores e acumuladores de água quente.
Válvula de Retenção	Impedir a passagem de água num dos sentidos do escoamento.	Montante dos aparelhos produtores e acumuladores de água quente e no início de redes cuja finalidade não seja a de fins alimentares ou sanitários.
Válvula Redutora de Pressão	Manter a pressão abaixo de determinado valor introduzindo uma perda de carga	Nos ramais de distribuição de introdução, sempre que a pressão atinja um valor superior a 600kPa.

4.3 Materiais

A escolha dos materiais a utilizar nas instalações prediais tem vindo a sofrer alterações nos últimos anos devido aos avanços tecnológicos, mas também pelo conhecimento adquirido no que diz respeito aos malefícios que alguns materiais causam à saúde (Sá, 2012). Atualmente os materiais mais utilizados estão divididos em duas grandes classes: termoplásticos e metais.

A seleção do tipo de material deve ter em conta a composição química da água, temperatura e ainda o tipo de construção em que será inserido porque dependendo da sua finalidade o tipo de tratamento do material é diferente. Preferencialmente, as tubagens e acessórios devem ser do mesmo material.

Os materiais dos elementos que constituem as redes interiores são, usualmente, cobre, aço inoxidável, aço galvanizado ou PVC rígido sendo que, o PVC apenas pode ser utilizado em redes de água fria não afetadas a sistemas de combate a incêndio. No que diz respeito às redes exteriores de água fria, as tubagens e acessórios podem ser de ferro fundido, fibrocimento, polietileno ou PVC rígido. Nas redes de água de combate a incêndio o material utilizado é o aço macio (Assis Paixão, 1999).

4.4 Critérios gerais de dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico da rede predial de abastecimento de água é, de acordo com o disposto no artigo 94º do RGSPDADAR, realizado com base nos caudais de cálculo, velocidades de escoamento e rugosidade do material da tubagem.

Os caudais de cálculo são obtidos tendo por base os caudais instantâneos atribuídos aos dispositivos de utilização, referidos em 3.2, e os coeficientes de simultaneidade.

Na determinação dos caudais de cálculo é necessário equacionar a possibilidade de simultaneidade de funcionamento dos dispositivos. Assim define-se coeficiente de simultaneidade numa dada secção como a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível (caudal de cálculo) e o caudal acumulado (Q_a) de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção.

Assim, considerando a definição de coeficiente de simultaneidade (C_s), o caudal de cálculo (Q_c) pode ser obtido pela equação (4.1).

$$Q_c = C_s \times Q_a \quad (4.1)$$

O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por diversos métodos, sendo estes gráficos ou analíticos. O método preconizado pela RGSPDADAR designa-se por **Método de Delebecque**. Trata-se de um método gráfico que permite a conversão dos caudais acumulados em caudais de cálculo. Esta relação traduz-se através de 3 curvas sendo que cada uma representa um nível de conforto (conforto mínimo, conforto normal, conforto elevado) e varia consoante

os valores de caudal considerados. Usualmente, o Regulamento Português considera a curva de conforto normal no cálculo do caudal.

Como se pode verificar através da figura 4.6, a perceção e leitura dos valores nas curvas não é rigorosa pelo que é necessário traduzir as curvas sob a forma de equações matemáticas representadas na tabela 4.2.

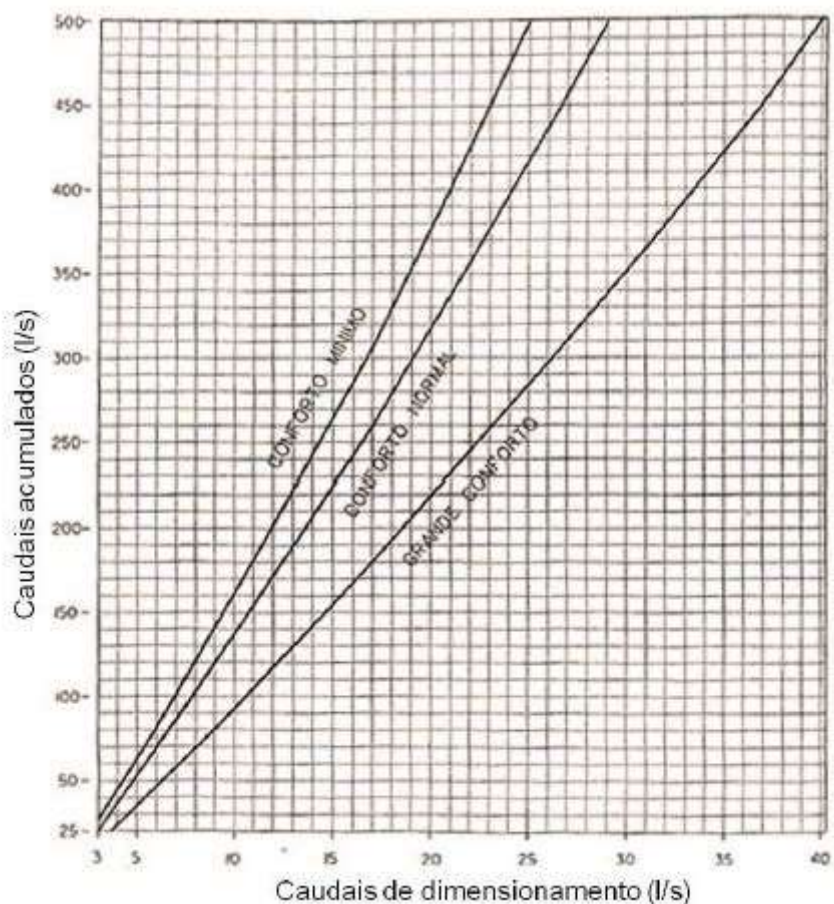


Figura 4.6 – Método gráfico de Delebecque

Tabela 4.2 – Equações para determinação do caudal de cálculo

$Q_{\text{acumulado}} \text{ (L/s)}$	Conforto Mínimo (B)	Conforto Normal (M)	Conforto Elevado (E)
$Q_{\text{acum.}} \leq 3,5$	$Q_c = 0,5099 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5092}$	$Q_c = 0,5469 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5137}$	$Q_c = 0,6015 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5825}$
$3,5 < Q_{\text{acum.}} \leq 25$	$Q_c = 0,4944 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5278}$	$Q_c = 0,5225 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5364}$	$Q_c = 0,5834 \times Q_{\text{acum.}}^{0,5872}$
$25 < Q_{\text{acum.}} \leq 500$	$Q_c = 0,2230 \times Q_{\text{acum.}}^{0,7561}$	$Q_c = 0,2525 \times Q_{\text{acum.}}^{0,7587}$	$Q_c = 0,3100 \times Q_{\text{acum.}}^{0,7750}$

Outro método utilizado para o cálculo do coeficiente de simultaneidade é o método do **Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CTSB)**. Este método utiliza 2 procedimentos distintos, um para as instalações individuais e outro para as instalações coletivas. No que diz respeito às instalações individuais este método fornece os diâmetros mínimos a utilizar sendo que cada dispositivo é afetado de um coeficiente de acordo com a tabela. Com o somatório dos coeficientes dos vários dispositivos da rede, obtém-se o valor do diâmetro interior mínimo é obtido através do gráfico da figura 4.7. Quando a soma dos coeficientes for superior a 15, calcula-se como se tratasse de uma instalação coletiva (Afonso, 2001; Assis Paixão, 1999; Sá, 2012).

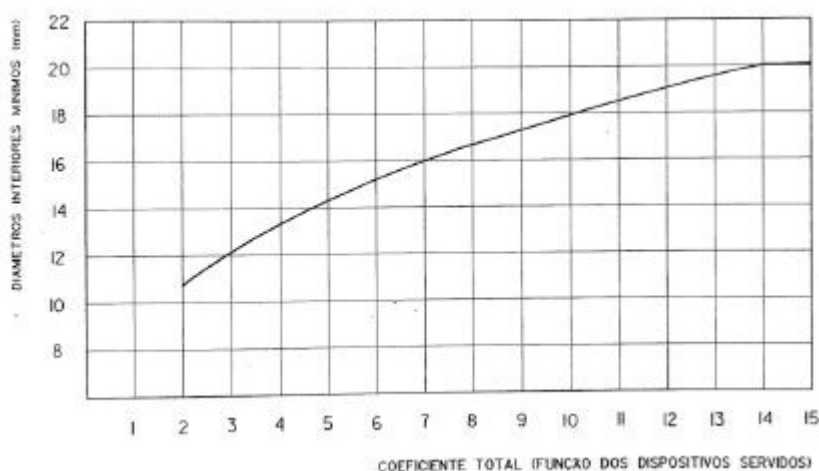


Figura 4.7 – Método CTSB, gráfico para determinar o diâmetro mínimo (Sá, 2012)

No caso da instalação coletiva, o cálculo é realizado por um coeficiente que afeta os caudais acumulados e a determinação do caudal a ser utilizado é obtida através da multiplicação do caudal acumulado por um coeficiente de simultaneidade. O coeficiente é obtido através do gráfico da figura 4.8.

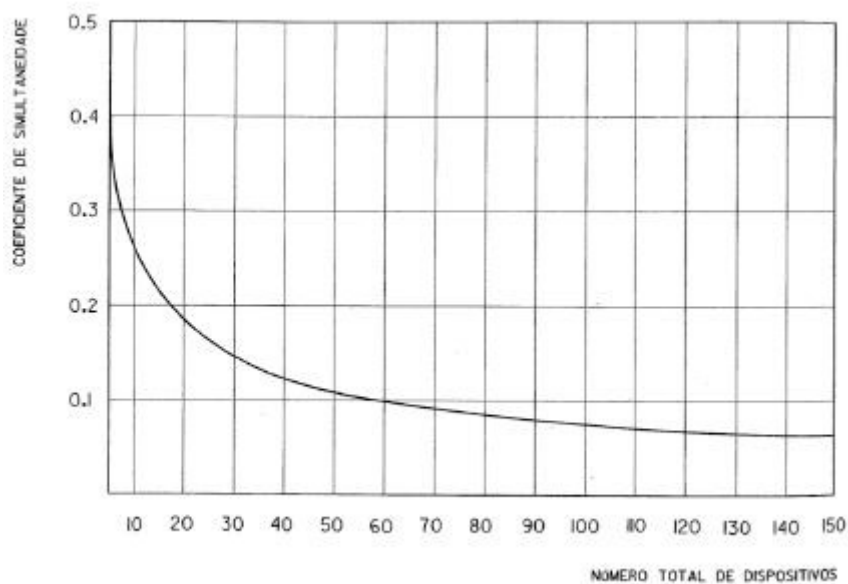


Figura 4.8 - Método CTSB, gráfico para determinação do coeficiente de simultaneidade(Sá, 2012)

A curva deste gráfico pode ser traduzida pela expressão (4.2), sendo que esta apenas é utilizada para valores de n superiores a 5 com imposição de um limite inferior de 0,2 para o valor do coeficiente de simultaneidade.

$$K = \frac{0,8}{\sqrt{n-1}} \quad (4.2)$$

Em que K representa o valor do coeficiente de simultaneidade e n o número de dispositivos.

O coeficiente de simultaneidade pode também ser obtido pelo **Método do Coeficiente de Simultaneidade Modificado**. Este método é muito utilizado devido à simplicidade de aplicação. É um método mencionado pela EPAL, uma empresa de abastecimento de água de parte da população portuguesa. A determinação do coeficiente de simultaneidade é realizada, por intermédio da equação (4.3), apenas tendo em conta o número total de aparelhos a abastecer, sendo traduzida pela equação (Afonso, 2001; Assis Paixão, 1999; Sá, 2012).

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad (4.3)$$

Nesta equação, considera-se que os dispositivos são abastecidos com o mesmo caudal, sendo válida para instalações com mais de 2 dispositivos com o limite inferior do coeficiente de simultaneidade estabelecido de 0,2.

No que diz respeito às velocidades de escoamento, o Regulamento impõe que os valores se situem entre 0,5 e 2,0 m/s sendo a velocidade recomendada de 1 m/s. As velocidades excessivas são responsáveis pela ocorrência de fenómenos como a cativação ou o choque hidráulico que afetam o conforto dos utilizadores pela produção de ruído e que põe em causa a durabilidade dos elementos do sistema. Por outro lado, velocidades reduzidas podem provocar a deposição de resíduos.

5. DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO COM RECURSO A PROGRAMA DE CÁLCULO

No presente capítulo proceder-se-á à descrição do programa de cálculo desenvolvido para dimensionamento de sistemas prediais de abastecimento de água assim como dos parâmetros e critérios de dimensionamento utilizados como base de cálculo.

5.1 Objetivo

O programa desenvolvido tem como principal objetivo a automação do cálculo do dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água. Existem atualmente ferramentas que permitem o mesmo cálculo e a ainda a possibilidade de programar o *Microsoft Excel* de forma a que este realize os mesmos. No entanto, as ferramentas existentes centram-se ou num tipo de material ou numa única fórmula de dimensionamento consoante o interesse da entidade portadora da mesma.

Propôs-se desta forma, o desenvolvimento de um programa que pudesse conjugar diferentes fórmulas para cálculo de perdas de carga e ainda diferentes tipos de material por forma a que o utilizador pudesse escolher de acordo com o necessário ao projeto em questão.

É ainda objetivo do programa conter uma parcela referente a orçamentação das redes prediais.

5.2 Estrutura do programa

Para estruturar o programa foi necessário primeiramente definir os parâmetros a ser calculados, as condições de dimensionamento e fórmulas de cálculo. Os parâmetros foram escolhidos de acordo com os cálculos fundamentais estabelecidos no RGSPDADAR. As condições de verificação e as fórmulas de cálculos foram selecionadas após consulta da literatura da especialidade.

Tendo em consideração as normas e critérios mencionados no RGSPDADAR estipulou-se que o programa deveria contar informação relativa à simbologia, descrição e respetivos valores de caudais instantâneos dos dispositivos, materiais e respetivos fatores de rugosidade, diâmetros dos diferentes tipos de materiais, caudais acumulados e de cálculo, pressões iniciais, finais e corrigidas, perdas de carga unitárias, dinâmicas e totais, velocidade e respetiva verificação.

5.2.1 Estrutura principal

A estrutura principal do programa está dividida em cinco secções diferentes: Início, Instalação Coletiva de Água Fria, Instalação Interior de Água Fria, Instalação Interior de Água Quente e Orçamentação.

A secção **Início** está subdividida em duas subsecções: *Instruções* e *Procedimento*. A primeira contém as instruções de utilização do programa onde são descritos os passos fundamentais para utilização do mesmo com indicações de introdução de dados e preenchimento das diferentes secções. A segunda inclui as características das secções, fórmulas de cada parâmetro e observações necessárias em alguns critérios.

As secções **Instalação Coletiva de Água Fria, Instalação Interior de Água Fria, Instalação Interior de Água Quente** encontram-se subdivididas em três subsecções: *Características e Especificações, Dispositivos e Tipologias, Dimensionamento*.

A secção **Orçamentação** destina-se à estimativa de custos de acordo com os preços disponibilizados pela empresa *CYPE*, especializada em software para engenharia e construção. Nesta secção o utilizador pode gerar um orçamento estimado tendo em conta os valores obtidos no dimensionamento realizado nas secções anteriores.

O objetivo de subdividir as secções principais consiste em melhorar a organização do processo de cálculo, ou seja, ordenar o processo de forma a simplificar a introdução de dados iniciais, tomadas de decisão e obtenção de resultados. E, embora as secções relativas às instalações se encontrem subdivididas em secções semelhantes, a secção relativa à Instalação Coletiva de Água Fria tem algumas diferenças comparativamente com as outras duas instalações. Esta divergência surge no cumprimento daquele que é o objetivo principal do programa que consiste na possibilidade de escolher o tipo de material da rede e a fórmula de cálculo da perda de carga

a utilizar. Desta forma, a primeira subsecção *Características e Especificações* surge para decisão de valores iniciais relativos a pressões da rede de abastecimento e dispositivos, velocidades de escoamento e nível de conforto e, para a Instalação Coletiva de Água Fria, permite ainda a decisão do tipo de material e obtenção do respetivo fator de rugosidade e ainda a escolha da fórmula de dimensionamento. No que diz respeito à subsecção *Dispositivos e Tipologias* também esta é diferente na instalação coletiva de água fria, uma vez que só nesta se inserem os dados relativos aos dispositivos inerentes ao projeto enquanto que na instalação interior de água fria e água quente esta subsecção se apresenta apenas com apresentação dessa mesma informação. Por último, a subsecção *Dimensionamento*, compreende a introdução de dados do projeto e obtenção de resultados e é semelhante para todas as instalações.

Define-se de seguida, na tabela 5.1 e tabela 5.2, os elementos constituintes de cada secção e subsecção.

Tabela 5.1 – Constituição das secções do programa

SECÇÃO	SUBSECÇÃO	
Instalação Coletiva de Água Fria	Características e Especificações	Fórmula de Dimensionamento; Tipo de Material; Fator de Rugosidade; Pressão Mínima na rede; Pressão Mínima nos Dispositivos; Velocidade de Escoamento Admissível; Nível de Conforto.
	Dispositivos e Tipologias	Símbolo do Dispositivo; Descrição do Dispositivo; Caudal Instantâneo; Número de Dispositivos por Tipologia; Caudal Total.
	Dimensionamento	Identificação do início e fim do tramo; Número de fogos por tipologia; Comprimento real do tramo; Altura; Comprimento Local; Comprimento Equivalente; Caudal Acumulado; Caudal de Cálculo; Diâmetro Calculado; Diâmetro Interior; Diâmetro Exterior; Pressão Inicial; Pressão Final; Pressão Corrigida; Fator de Resistência; Perda de Carga Unitária; Perda de Carga Dinâmica; Perda de Carga Total; Velocidade no Tramo; Verificação da Condição da Velocidade.

Tabela 5.2 - Constituição das secções do programa (continuação)

SECÇÃO	SUBSECÇÃO	
Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente	Características e Especificações	Pressão de Abastecimento Interior; Velocidade de Escoamento Admissível; Pressão Mínima de Abastecimento; Pressão Mínima nos Dispositivos; Nível de Conforto.
	Dispositivos	Símbolo e Descrição do Dispositivo; Caudal Instantâneo do Dispositivo.
	Dimensionamento	Identificação do início e fim do tramo; Número de dispositivos; Comprimento real do tramo; Altura; Comprimento Local; Comprimento Equivalente; Caudal Acumulado; Caudal de Cálculo; Diâmetro Calculado; Diâmetro Interior; Diâmetro Exterior; Pressão Inicial; Pressão Final; Pressão Corrigida; Fator de Resistência; Perda de Carga Unitária; Perda de Carga Dinâmica; Perda de Carga Total; Velocidade no Tramo; Verificação da Condição da Velocidade.

5.3 Critérios de dimensionamento utilizados no programa

Os critérios de dimensionamento utilizados no programa encontram-se de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais e também tendo em atenção alguns fatores mencionados no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas publicado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Na tabela 5.3 e tabela 5.4 definem-se alguns dos critérios de dimensionamento e valores adotados no programa. Os valores de fator de rugosidade adotados são apresentados na tabela 5.5

Tabela 5.3 – Critérios de dimensionamento

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	FÓRMULAS/OBSERVAÇÕES
Fórmulas de dimensionamento.		Fórmulas possíveis: Flamant, Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Fair-Whipple-Hsiao.
Tipo de Material		Aço Inox, Aço Galvanizado, Cobre, Policloreto de Vinilo (PVC), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno Reticulado (PEX), Polipropileno (PP).
Pressão Mínima na Rede	kPa	Estabelece-se, por recomendação, um valor inicial de 400 kPa.
Pressão Mínima nos Dispositivos	kPa	O valor deve situar-se entre 50 e 600 kPa. Recomenda-se entre 150 e 300 kPa, por razões de conforto e durabilidade.
Velocidade de Escoamento Admissível	m/s	A velocidade de escoamento admissível deve situar-se, por recomendação, entre 0,5 e 2 m/s. A velocidade recomendada é de 1,5 m/s para rede coletiva e de 1,0 m/s para a rede interior.
Perda de Carga Local e Comprimento Equivalente	m	É efetuado um acréscimo de 20 % ao comprimento real do tramo para compensação das perdas de carga localizadas. $L_{eq.} = L_{real} + L_{local} \quad L_{eq.} = 1,2 \times L_{real}$
Diâmetro Calculado	mm	Calculado através da Equação da Continuidade $D = \sqrt{\frac{1,274 \times Q_c}{V}}$
Fator de Resistência		$f = \frac{1}{\left[-1,8 \times \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 D} \right)^{1,11} + \frac{6900 v}{V \times D} \right] \right]^2}$
Pressão Inicial, Final e Corrigida	kPa	$P_{final} = P_{inicial} - \Delta P = P_{inicial} - J \times L_{eq.}$ $P_{corrigida} = P_{inicial} - J \times L_{eq.} - 9,81 \times h$

Tabela 5.4 - Critérios de dimensionamento (continuação)

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	FÓRMULAS/OBSERVAÇÕES
Perda de Carga Unitária	kPa/m	Fórmula de Flamant: $J = 4b \times \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}}$ Fórmula de Darcy-Weisbach: $J = \frac{f}{D} \times \frac{U^2}{2g}$ Fórmula de Hazen-Williams: $J = \frac{10,646}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}$ Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao: $J = 19,8 \times 10^6 \times \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}}$
Perda de Carga Dinâmica	kPa	$\Delta P = J \times L_{eq.}$
Perda de Carga Total	kPa	$\Delta P_c = P_{inicial} - P_{corrigida}$
Velocidade no Tramo	m/s	$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$

O caudal de cálculo é determinado através do método de *Delebecque* mencionado no capítulo 4.4.

Tabela 5.5 – Fator Rugosidade (Barbosa, 1985, 1986; Pedroso, 2000)

FATOR DE RUGOSIDADE		
Tipo de Material	Fórmula de Flamant (b)	Fórmula de Hazen-Williams (C)
Aço Inox	0,000152	125
Aço galvanizado	0,00023	125
Cobre	0,000152	130
PVC	0,000134	140
PEAD	0,000134	120
PEX	0,000134	120
PP	0,000134	140

Os valores relativos aos diâmetros de cada tipo de material foram retirados do Manual de Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas e apresentam-se nas tabelas seguintes.

Tabela 5.6 – Dimensões usuais de tubagens metálicas(Pedroso, 2000)

DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)	DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)	DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)
Aço galvanizado		Cobre		Aço Inox	
8	13,5	8	8,04	10	10,045
10	17,2	10	10,04	12	12,045
15	21,3	12	12,04	15	15,045
20	26,9	14	14,04	18	18,045
25	33,7	16	16,04	22	22,055
32	42,4	18	18,04	28	28,055
40	48,4	22	22,05	35	35,07
50	60,3	28	28,05	42	42,07
65	76,1	35	35,06	54	54,07
80	88,9	42	42,06		

Tabela 5.7 – Dimensões usuais de tubagens em plástico (Pedroso, 2000)

DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)	DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)	DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)	DN (mm)	Diâmetro Exterior Máximo (mm)
PVC		PEAD		PEX		PP	
16	16,3	20	20,3	10	10,3	16	16,3
20	20,3	25	25,3	12	12,3	20	20,3
25	25,3	32	32,3	16	16,3	25	25,3
32	32,3	40	40,4	20	20,3	32	32,3
40	40,3	50	50,4	25	25,3	40	40,4
50	50,3	63	63,6	32	32,3	50	50,5
63	63,3	75	75,7	40	40,4	63	63,6
75	75,3			50	50,5	75	75,7
				63	63,6		
				75	75,7		

5.4 Construção do programa

Após a estrutura do programa estar delineada e tendo em conta os objetivos a cumprir optou-se pela construção do mesmo recorrendo ao programa *Microsoft Visual Basic 2010 Express* que é um programa de desenvolvimento de aplicativos fornecido pela *Microsoft*, tendo sido utilizada linguagem *Visual Basic*.

O motivo de escolha da utilização do programa *Microsoft Visual Basic 2010 Express* foi o facto de este facilitar a construção devido ao fornecimento de elementos estruturais cujo código é atribuído automaticamente. São estes elementos estruturais que criam o aspeto visual do programa.

O primeiro passo na construção passa por definir o *template* a utilizar tendo-se optado pelo *Windows Forms Application* sendo que é através deste que é possível utilizar os elementos estruturais mencionados anteriormente.

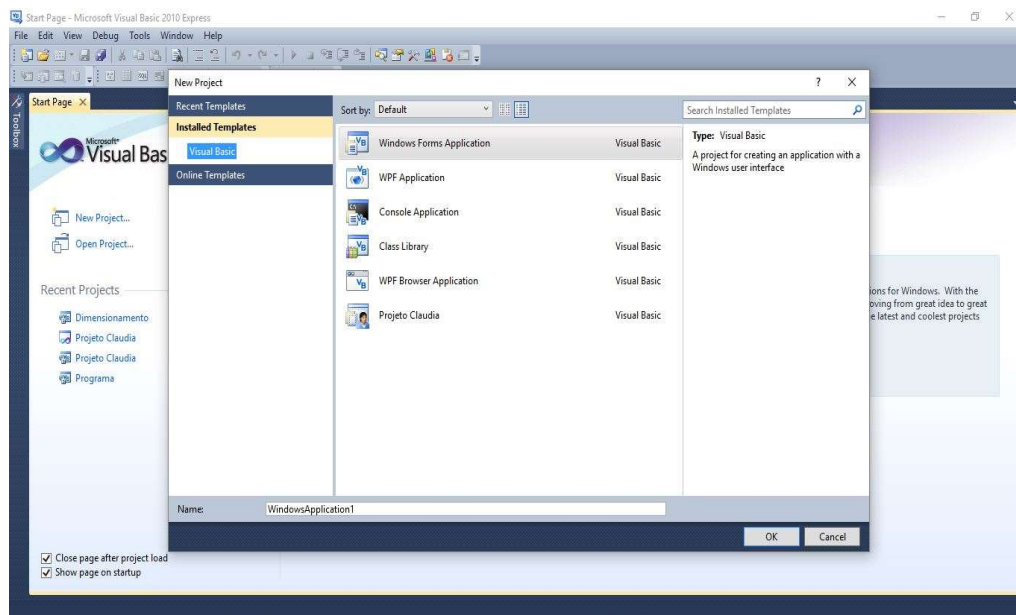


Figura 5.1 - Template Microsoft Visual Basic 2010 Express

O primeiro objeto visível é a *Form*, representado na figura 5.2, que corresponde à janela onde serão colocados os elementos estruturais do programa para organização, introdução de dados e visualização de resultados. Estes elementos estruturais são denominados de *Controls*

representados na *ToolBox*, na figura 5.2 do lado esquerdo, tendo sido utilizados na construção do programa *Container Controls* e *Common Controls*.

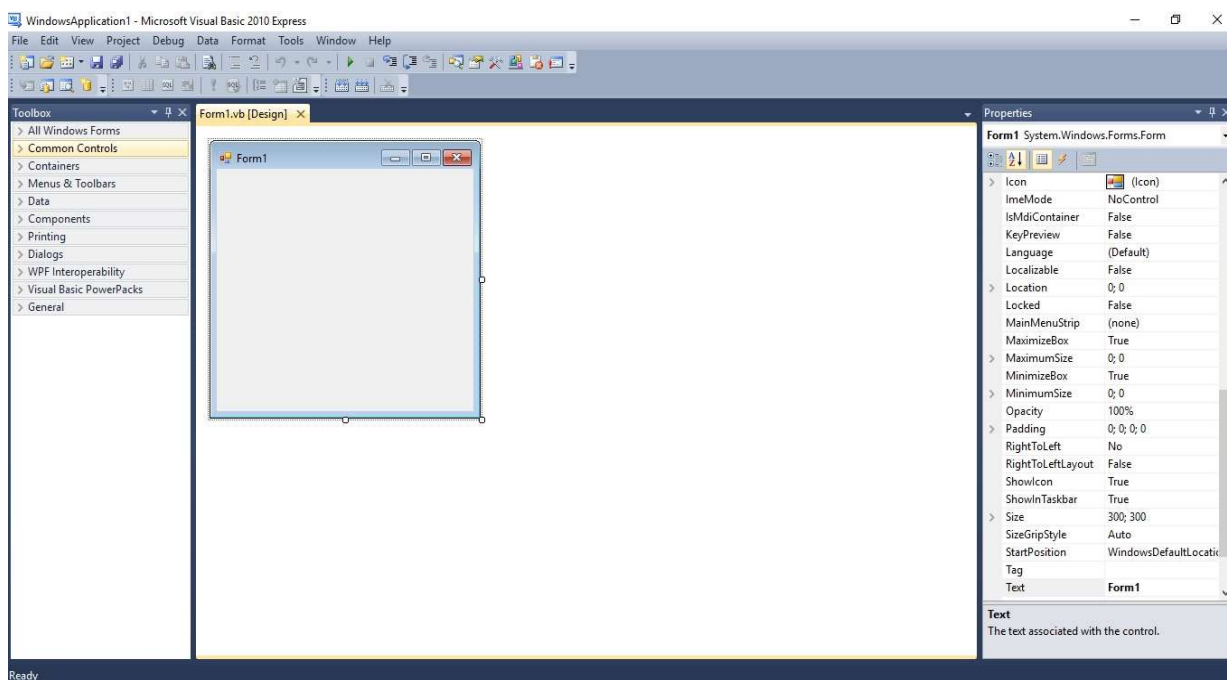


Figura 5.2 – Form

Os *Container Controls*, tal como o nome indica são utilizados para agregar ou organizar outros elementos. Deste tipo e, de acordo com as características do programa em desenvolvimento, recorreu-se a *TabControls* para criar as diversas secções, mencionadas anteriormente no subcapítulo relativo à estrutura do programa, uma vez que este elemento permite a divisão da janela principal (*Form*) em diversas janelas. Ainda dentro deste grupo de elementos foram usados *GroupBox* que permitem a separação de outros elementos agrupando-os.

No que diz respeito aos *Common Controls* os elementos empregues foram *Label* para incorporação de texto estático como por exemplo títulos ou definição de parâmetros, *TextBox* que são igualmente elementos de texto mas que têm como função a introdução de dados ou a apresentação de resultados, *Button* cuja função é correr códigos particulares como é o caso da função exportar, guardar, abrir ou gerar valor do fator rugosidade, *ComboBox* que são listas de itens a partir das quais o utilizador pode seleccionar o item pretendido sendo que no programa este último elemento servirá para definir a fórmula de cálculo, o tipo de material e identificação dos dispositivos. Deste grupo de elementos foi também necessário recorrer a *PictureBox* cuja função é semelhante à das *Label*, mas em vez de se destinar a texto, permite a colocação de

imagens. Para permitir a escolha de valores, nomeadamente para valores regulamentados em intervalos, como o caso da velocidade admissível de escoamento ou a pressão de abastecimento ou nos dispositivos utilizou-se *NumericUpDown* que consiste num elemento que permite fixar intervalos numéricos e um valor fixo que pode ser alterado pelo utilizador.

Todos os elementos referidos anteriormente têm propriedades pré-definidas que devem ser alteradas de acordo com as definições pretendidas, ou seja, nome, cor, tamanho, posição, propriedades do texto entre outras. De salientar que entre as propriedades, o nome do elemento, deve ser alterado por forma a ser reconhecível uma vez que esse mesmo nome será usado no código do programa. Para facilitar a identificação dos elementos, estabeleceu-se uma codificação para todos os elementos. A codificação é constituída por uma precedência que identifica o tipo de elemento estrutural em questão e uma designação do elemento que identifica o fim desse elemento. Na tabela 5.8 definem-se as precedências em função do tipo de elemento. Quer o código quer a designação do elemento têm um fim exclusivamente auxiliar no sentido em que apenas facilitam a lógica de associação de variáveis e elementos que constituem o código do programa de cálculo.

Tabela 5.8 – Precedências da codificação dos elementos estruturais

Tipo de Elemento	Precedência
Label	lbl
TextBox	txt
ComboBox	cbo
TabControl	Tab
PictureBox	pb
Button	but
NumericUpDown	nup

A localização do elemento é a primeira parte da codificação da designação do elemento, isto é, se o elemento se encontra na secção Instalação Coletiva de Água Fria o elemento é identificado pelo código CAF, caso se encontre na secção Instalação Interior de Água Fria é identificado como IAF e por último, se se localizar na secção Instalação Interior de Água Quente a codificação será IAQ. A restante designação identifica o que representa o elemento como será demonstrado mais à frente no presente capítulo.

Definida a estrutura do programa e a codificação dos elementos, procede-se ao desenvolvimento do programa com a criação de uma *TabControl* com cinco janelas diferentes de acordos com as secções definidas para a estrutura principal e recorrendo ao mesmo elemento estrutural divide-se cada secção nas subsecções respectivas, como se pode observar na figura 5.3.

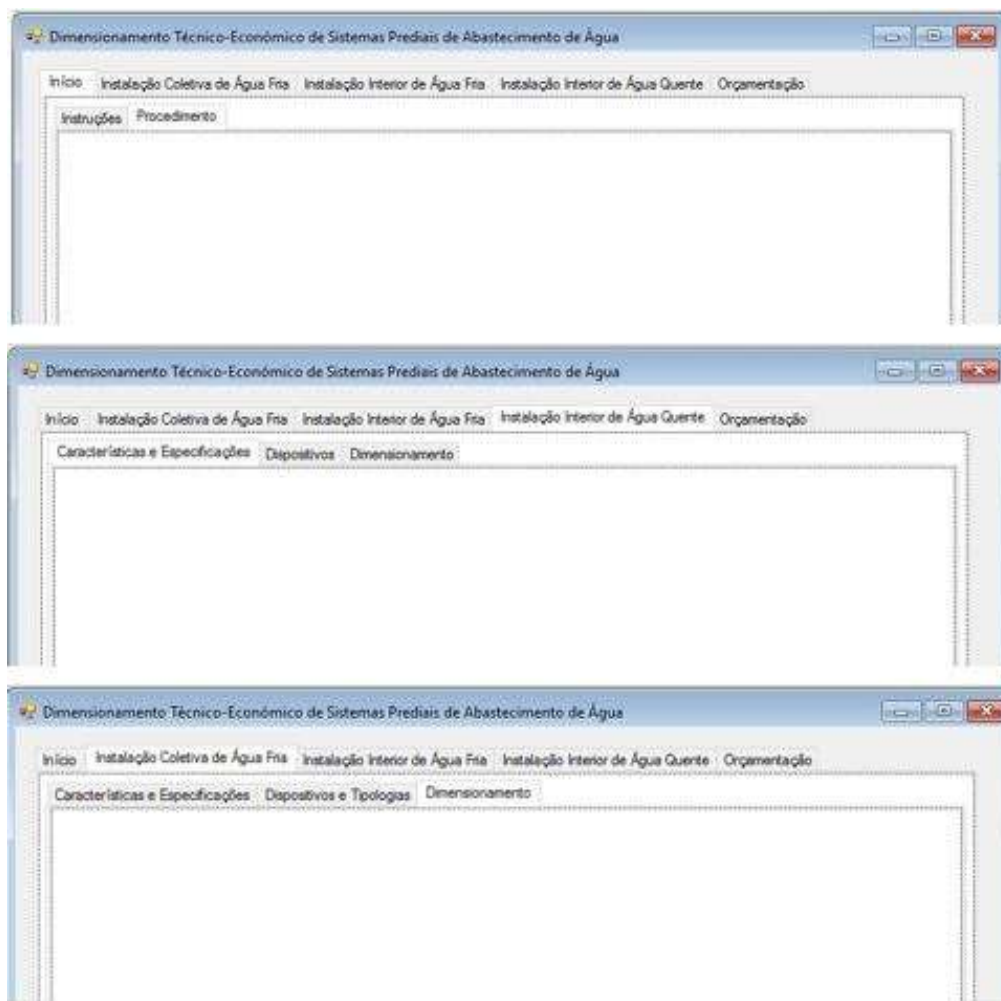


Figura 5.3 – Secções e subsecções do programa

Posteriormente, procede-se à colocação dos elementos constituintes de cada secção (ver tabela 5.1) definindo, para os elementos necessários, os valores estabelecidos de acordo com o capítulo 5.3. Na figura 5.4 representa-se a título exemplificativo os elementos inseridos na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção Características e Especificações semelhante para a Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente à exceção da presença

da fórmula de dimensionamento, tipo de material, fator de rugosidade e os valores regulamentares previsto para as pressões e velocidade tal como se pode ver na figura 5.5.

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top containing 'Início', 'Instalação Coletiva de Água Fria', 'Instalação Interior de Água Fria', 'Instalação Interior Água Quente', and 'Orçamentação'. Below the menu bar, there are three tabs: 'Características e Especificações', 'Dispositivos e Tipologias', and 'Dimensionamento'. The 'Dimensionamento' tab is active. The main area contains several configuration fields:

- Fórmula de Dimensionamento: A dropdown menu.
- Tipo de Material: A dropdown menu.
- Fator de Rugosidade: A text input field next to a small grey square.
- Pressão Mínima na Rede (kPa): A spinner box with the value 400.
- Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa): A spinner box with the value 150.
- Velocidade de Escoamento Admissível (m/s): A spinner box with the value 1.50.
- Nível de Conforto: A dropdown menu.

Figura 5.4 – Elementos constituintes da secção Instalação Coletiva de Água Fria – Característica e Especificações

The screenshot shows the same software interface as Figure 5.4, but with the 'Dimensionamento' tab selected for the 'Instalação Interior de Água Fria' section. The configuration fields are:

- Pressão de Abastecimento Interior (kPa): A spinner box with the value 300.
- Velocidade de Escoamento Admissível (m/s): A spinner box with the value 1.00.
- Pressão Mínima de Abastecimento (kPa): A spinner box with the value 400.
- Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa): A spinner box with the value 150.
- Nível de Coforto: A dropdown menu.

Figura 5.5 - Elementos constituintes da secção Instalação Interior de Água Fria – Característica e Especificações

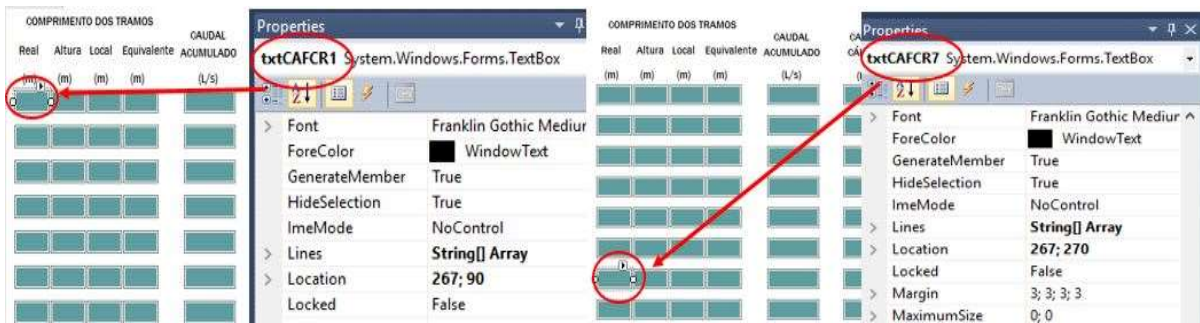


Figura 5.7 – Exemplo de nome do elemento

No que diz respeito à secção **Início**, em ambas as subsecções era necessário colocar texto estático e com uma formatação específica pelo que esta não seria possível recorrer a nenhum elemento afeto a texto. Desta forma, a opção mais viável consistiu na introdução do texto sob a forma de imagem, ou seja, realizar o texto na ferramenta *Microsoft Word* e posteriormente transformá-lo em imagem para ser colocado por intermédio do elemento *PictureBox* na janela correspondente. Na figura 5.8, apresenta-se a traço descontinuo uma *PictureBox* como exemplo do que foi descrito anteriormente.

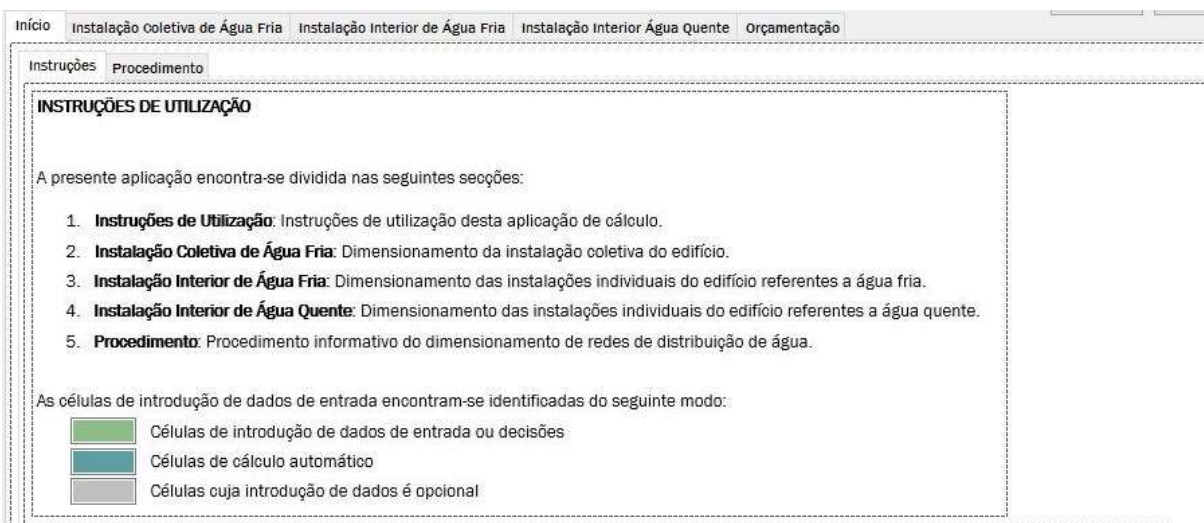


Figura 5.8 – Exemplo de *PictureBox*

A secção referente à **Orçamentação** é constituída essencialmente por elementos *TextBox* para permitir o cálculo dos preços, sendo constituída por introdução de dados e cálculo automático. Nesta secção apresenta-se igualmente uma *PictureBox* com tabelas de preços unitários das tubagens de acordo com o diâmetro e o tipo de material para auxiliar o utilizador na introdução

constituem as funções podem ser identificados através do nome do elemento ou no caso em que as rotinas impliquem cálculo, através de variáveis que são associadas ao nome do elemento.

As variáveis representam valores numéricos e como tal têm de ser declaradas como *Double* permitindo desta forma o cálculo. A atribuição do nome da variável foi semelhante ao processo de definição do nome do elemento. Tal como para o nome do elemento, a codificação da variável inicia com a secção a que pertence, ou seja, os três primeiros caracteres são CAF, IAF ou IAQ conforme a secção. Os restantes caracteres representam o nome do elemento, com exceção da precedência. Todas as variáveis podem ser consultadas no anexo II. Na tabela 5.9 apresentam-se alguns exemplos de variáveis.

Tabela 5.9 – Exemplo de nomes de variáveis

Secção	Conteúdo	Linha	Nome do Elemento	Nome da variável
Instalação Coletiva de Água Fria	Caudal de Cálculo	1	txtCAFDQC1	CAFQC1
	Pressão Inicial	5	txtCAFDPI5	CAFPI5
Instalação Interior de Água Fria	Comprimento Equivalente	12	txtIAFDCEquivalente12	IAFCEQ12
	Perda de Carga Unitária	3	txtIAFDPCUnitaria3	IAFPCU3
Instalação Interior de Água Quente	Fator de Resistência	20	txtIAQFR20	IAQFR20
	Velocidade no tramo	7	txtIAQVTramo7	IAQVF7

Definidas e declaradas as variáveis necessárias para a realização dos cálculos descritos em 5.3 é possível escrever as rotinas de todo o programa. No entanto é preciso definir os conteúdos de outros elementos imprescindíveis ao cálculo como é o caso dos elementos *ComboBox* e *NumericUpDown*. Assim, atribui-se o conteúdo a todas as *ComboBox* através da alteração da propriedade *Items* criando as listas para cada parâmetro. Na figura 5.10 apresenta-se a propriedade *Items* da *ComboBox* do parâmetro Fórmula de Dimensionamento e na figura 5.11 o conteúdo da mesma.

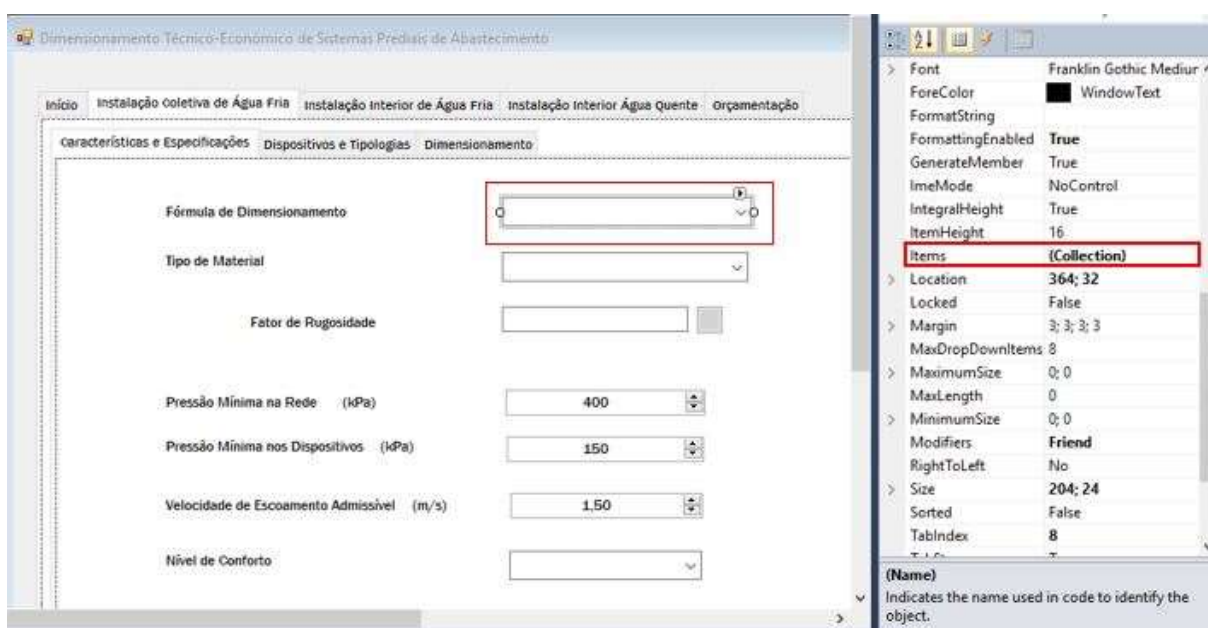


Figura 5.10 – Propriedade *Items* da *ComboBox* do parâmetro Fórmula de Dimensionamento

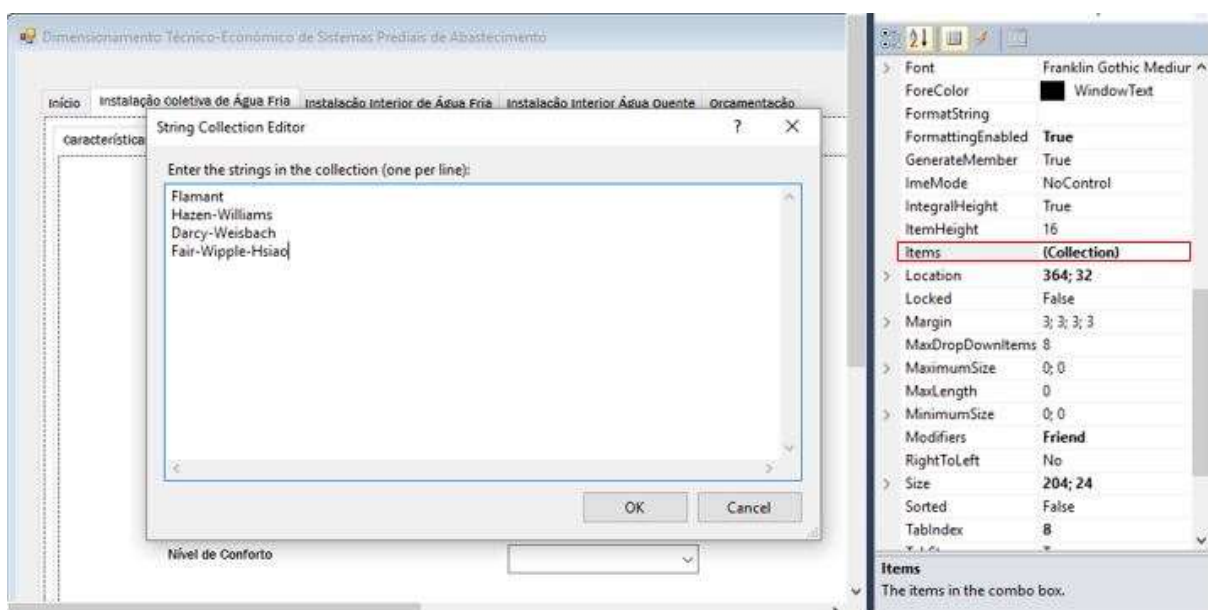


Figura 5.11 – Conteúdo da *ComboBox* do parâmetro Fórmula de Dimensionamento

Outros elementos que devem ser alterados para estarem de acordo com os critérios de dimensionamento referidos em 5.3 são os *NumericUpDown* que, representado intervalos de valores, devem ser definidos os valores mínimo e máximo, valor representativo e escala consoante o parâmetro a que se refere. Nas figuras seguintes, apresentam-se alguns exemplos.

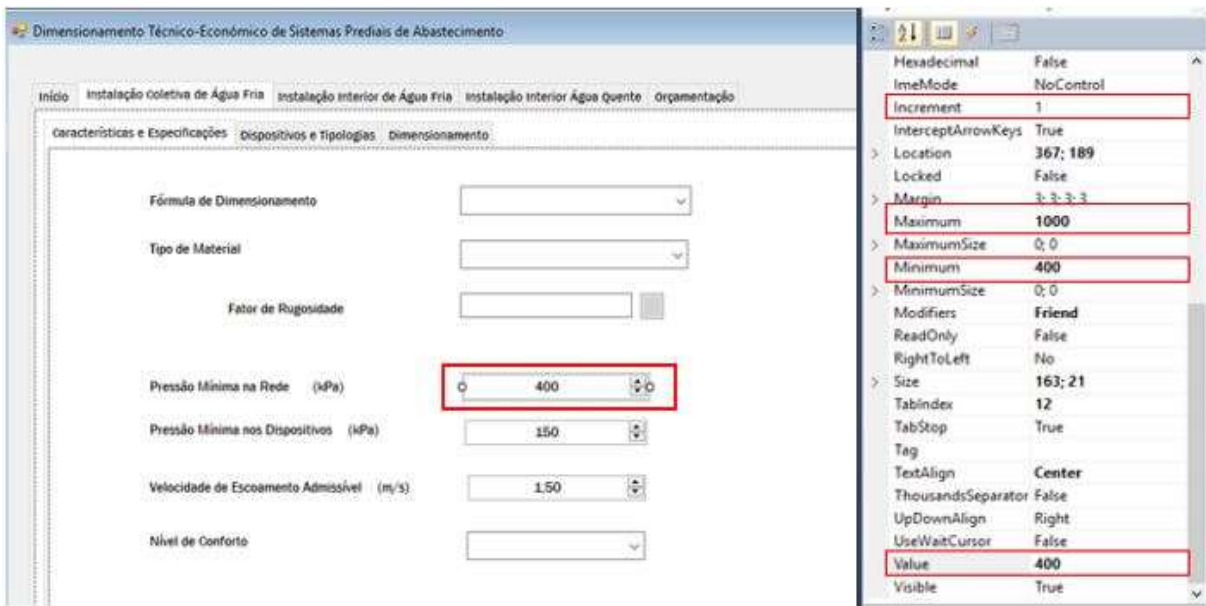


Figura 5.12 – *NumericUpDown* da pressão mínima na rede da Instalação Coletiva de Água Fria

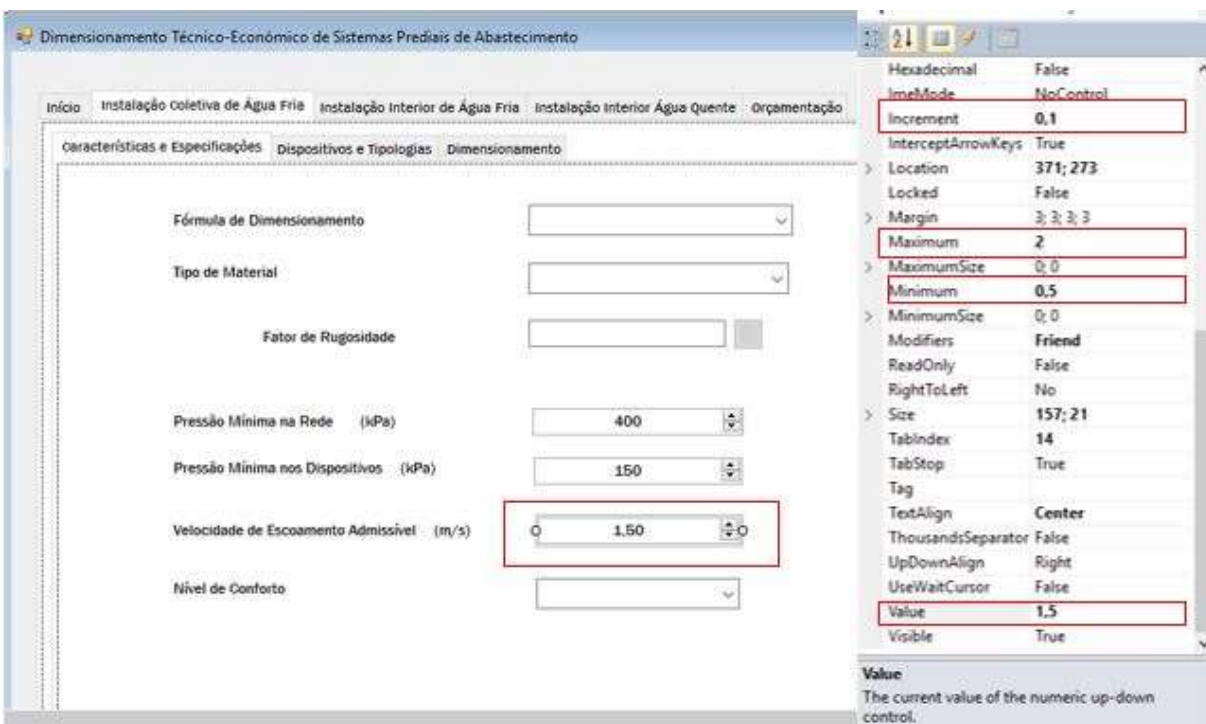


Figura 5.13 - *NumericUpDown* da velocidade de escoamento admissível da Instalação Coletiva de Água Fria

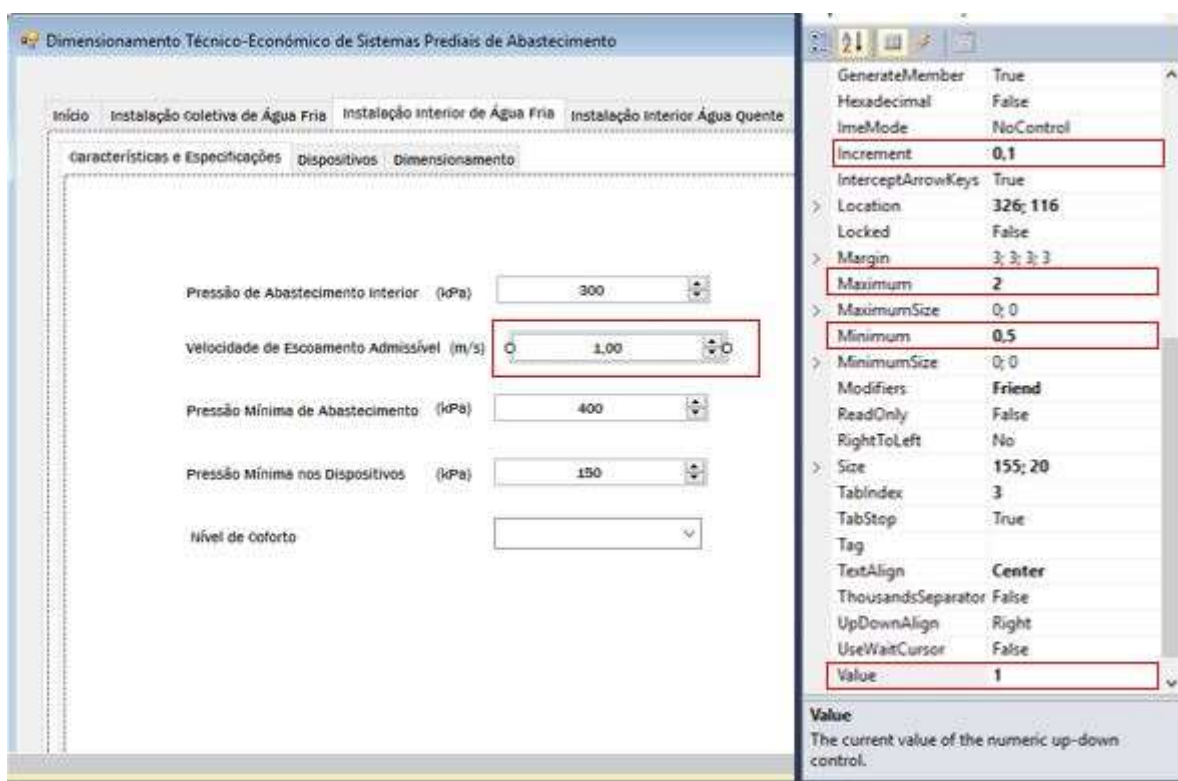


Figura 5.14 - *NumericUpDown* da velocidade de escoamento admissível da Instalação Interior de Água Fria

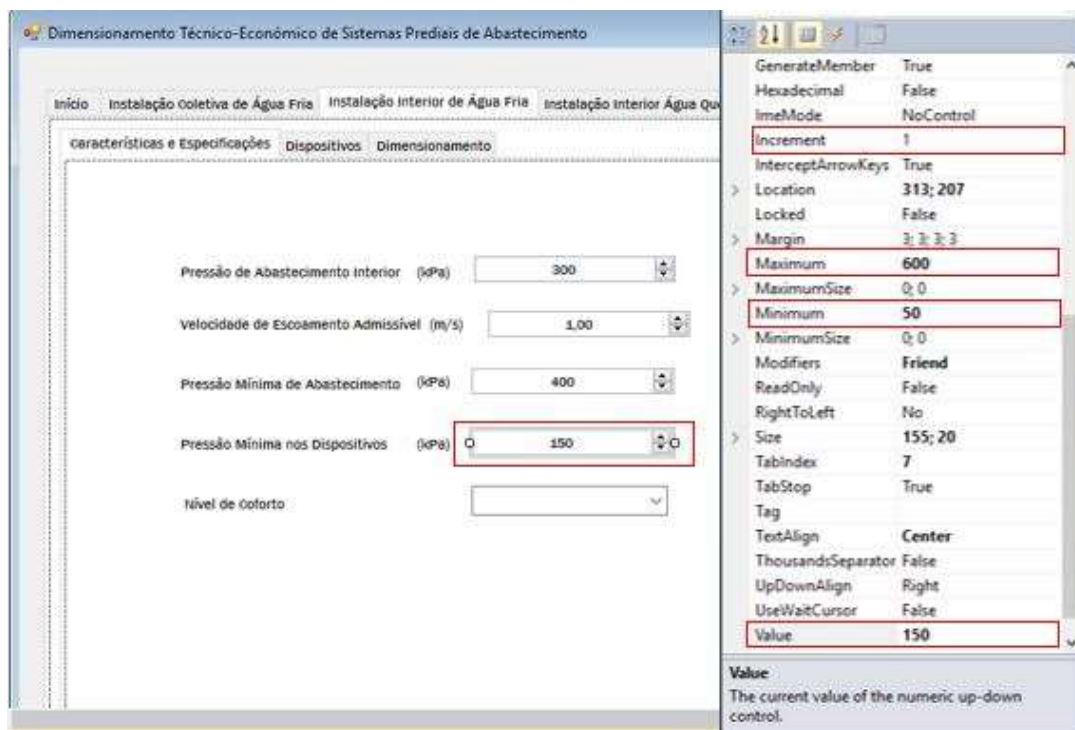


Figura 5.15 - *NumericUpDown* da pressão mínima nos dispositivos da Instalação Coletiva de Água Fria

Tendo em atenção que o código é muito extenso e repetitivo apresentar-se-ão apenas excertos do mesmo por forma a explicar algumas das rotinas que integram o código do programa. A figura 5.16 representa o primeiro exemplo e diz respeito à escolha dos dispositivos. Esta escolha realiza-se na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção *Dispositivos e Tipologias*. A escolha do dispositivo através do símbolo, como se demonstra na figura, permite preencher automaticamente a descrição do dispositivo e do caudal instantâneo na mesma subsecção, descrever e identificar o dispositivo na subsecção *Dispositivos* das secções Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente, como se demonstra na figura 5.17, e ainda preencher os dispositivos da secção *Dimensionamento* das últimas instalações mencionadas como se pode verificar na figura 5.18.

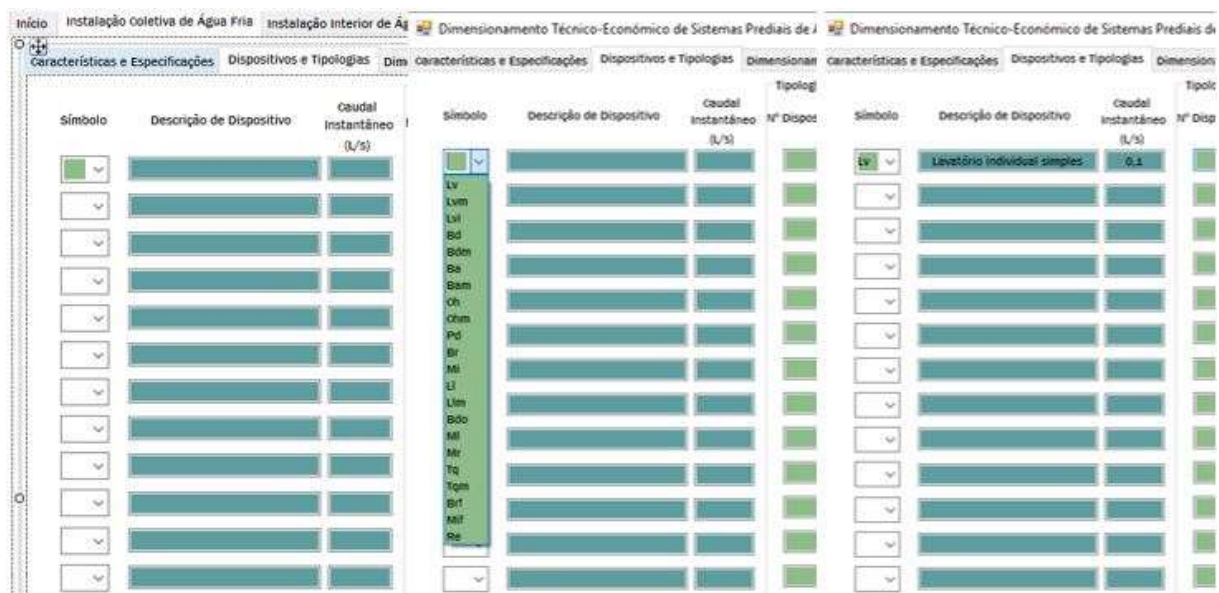


Figura 5.16 – Escolha do dispositivo na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção Dispositivos e Tipologias



Figura 5.17 - Identificação do dispositivo nas secções Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente, subsecção Dispositivos



Figura 5.18 - Identificação do dispositivo nas secções Instalação Interior de Água Fria e Instalação Interior de Água Quente, subsecção Dimensionamento

O código que permite estas ações está representado na figura 5.19. A primeira linha diz respeito ao código automático do elemento sendo “cboSimboloCaracteristicaColetivaAguaFria1” o nome do elemento e “*SelectedIndexChanged*” a função que este código realiza que neste caso diz respeito à alteração do item selecionado. Como o número de *items* para escolha é superior a 1 então é necessário criar condições “se”, tal como se pode ver na segunda linha do código, permitindo definir os restantes elementos em função do símbolo escolhido. Neste exemplo, como o utilizador escolhe o símbolo “LV”, o código realiza as funções presentes entre as linhas 3 e 12, sendo as linhas 3 e 4 representativas da função apresentada na figura 5.16, as linhas 5 a 10 a função da figura 5.17 e as linhas 11 e 12 a função presente na figura 5.18.

```

Private Sub cboSimboloCaracteristicaColetivaAguaFria1_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

    If cboSimboloCaracteristicaColetivaAguaFria1.SelectedItem = "Lv" Then
        txtDescricaoCaracteristicasColetivaAguaFria1.Text = "Lavatório individual simples"
        txtCaudalInstantaneoColetivaAguaFria1.Text = 0.1
        txtIAFDSimbolo1.Text = "Lv"
        txtIAFDTDescricao1.Text = "Lavatório individual simples"
        txtIAFDTQInstantaneo1.Text = 0.1
        txtIAQDSimbolo1.Text = "Lv"
        txtIAQDTDescricao1.Text = "Lavatório individual simples"
        txtIAQDTQInstantaneo1.Text = 0.1
        txtIAFSimbolo1.Text = "Lv"
        txtIAQSimbolo1.Text = "Lv"
    End If

```

Figura 5.19 – Código relativo à escolha do dispositivo na secção Instalação Coletiva de Água Fria, subsecção Dispositivos e Tipologias

O segundo exemplo diz respeito ao cálculo do caudal total por tipologia conforme o número de dispositivos definidos pelo utilizador. Pretende-se que após a realização da tarefa descrita no exemplo 1 que o programa calcule automaticamente o valor do caudal total. Assim, na figura 5.20 demonstra-se o que é pretendido. Embora o código seja bastante simples, como se pode ver na figura 5.21, apresenta-se como exemplo para demonstração da utilização de variáveis.

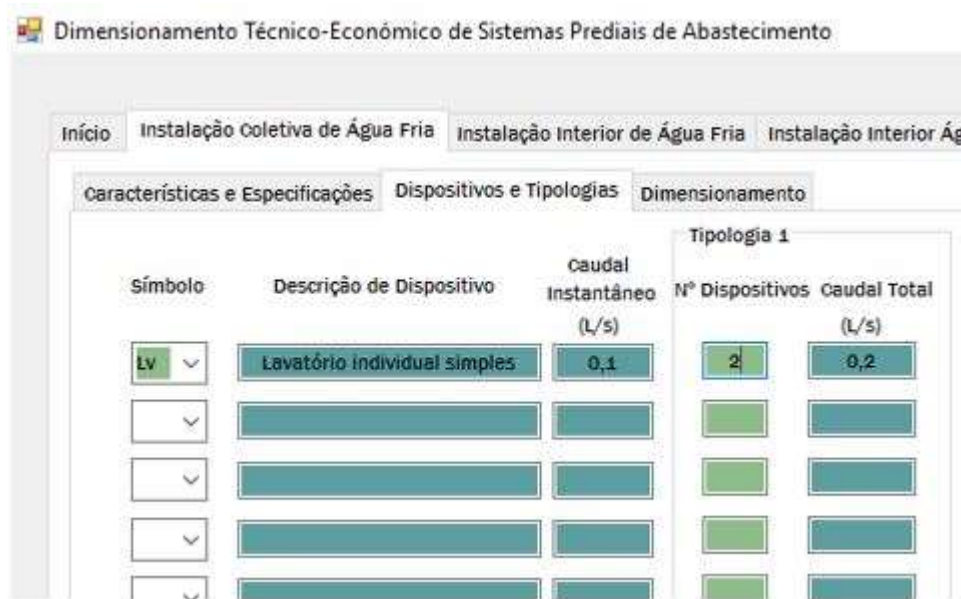


Figura 5.20 – Cálculo do caudal total por tipologia

```
Private Sub CAFCaudalTotalT1_1()  
  
    If txtNDispositivosT1ColetivaAguaFria1.Text <> "" Then  
        CAFNDT1_1 = Convert.ToDouble(txtNDispositivosT1ColetivaAguaFria1.Text)  
    End If  
  
    If txtCaudalInstantaneoColetivaAguaFria1.Text <> "" Then  
        CAFQI1 = Convert.ToDouble(txtCaudalInstantaneoColetivaAguaFria1.Text)  
    End If  
  
    CAFQTT1_1 = CAFNDT1_1 * CAFQI1  
  
    txtCaudalTotalT1ColetivaAguaFria1.Text = String.Format("{0}", CAFQTT1_1)  
  
    CaudalTotalT1()  
End Sub
```

Figura 5.21 – Código do caudal total por tipologia

O código representado na figura 5.21 define a multiplicação do número de dispositivos pelo caudal instantâneo, mas, para realizar o cálculo é necessário transformar o conteúdo do elemento *TextBox* em número. Este processo é representado pelas linhas 2 a 7 em que as linhas 2 a 4 transformam o valor referente ao número de dispositivos e as linhas 5 a 7 o valor do caudal instantâneo. O processo inverso é também realizado, ou seja, o caudal total calculado através das duas variáveis é, por sua vez, também atribuído a uma variável e, é necessário transformar o número em texto para ser apresentado, sendo este apresentado na linha 9. No presente excerto é também possível destacar o nome da rotina que, tal como para o nome dos elementos e para as variáveis, é constituído pelos três caracteres representativos da secção em questão e ainda pela designação da finalidade da rotina. Neste caso, trata-se de uma rotina da secção Instalação Coletiva de Água Fria, logo inicia com os caracteres CAF, com a finalidade de calcular o caudal total da tipologia 1 na linha 1 tendo como designação “CaudalTotalT1_1”. A penúltima linha do excerto (“CaudalTotalT1()”) diz respeito a outra rotina de cálculo que depende da rotina em questão, ou seja, a rotina “CaudalTotalT1” realiza-se com resultados da rotina “CAFCaudalTotalT1_1”. Para perceber de que forma uma rotina depende da outra apresenta-se na Figura 5.22 o código da rotina “CaudalTotalT1”. Este código representa o somatório do caudal total de todos os dispositivos e depende do resultado da rotina “CAFCaudalTotalT1_1”.

```
Private Sub CaudalTotalT1()  
    CAFQTotalT1 = CAFQTT1_1 + CAFQTT1_2 + CAFQTT1_3 + CAFQTT1_4 + (...)  
  
    txtCAFQTotalT1.Text = String.Format("{0}", CAFQTotalT1)  
  
End Sub
```

Figura 5.22 – Código caudal total tipologia 1

O terceiro exemplo representa a rotina de cálculo do caudal de cálculo. Como se referiu no subcapítulo 5.3, este é calculado através das curvas de conforto que, por sua vez, dependem do caudal acumulado e do nível de conforto escolhido. Na figura 5.23 pode observar-se que esta rotina de cálculo é constituída por uma sequência de condições que estão relacionadas com a dependência do cálculo em primeiro lugar pelo nível de conforto selecionado e posteriormente com o valor do caudal acumulado.


```

Private Sub IAFCAudalCalculo1()
    If txtIAFDQAcumulado1.Text <> "" Then
        IAFQA1 = Convert.ToDouble(txtIAFDQAcumulado1.Text)
    End If

    If (cboIAFNConforto.SelectedItem = "Baixo") Then
        If (IAFQA1 < 3.5) Then
            IAFQC1 = 0.5099 * IAFQA1 ^ 0.5092
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        ElseIf (IAFQA1 > 3.5) And (IAFQA1 < 25) Then
            IAFQC1 = 0.4944 * IAFQA1 ^ 0.5278
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        Else
            IAFQC1 = 0.223 * IAFQA1 ^ 0.7561
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        End If
    End If

    If (cboIAFNConforto.SelectedItem = "Médio") Then
        If (IAFQA1 < 3.5) Then
            IAFQC1 = 0.5469 * IAFQA1 ^ 0.5137
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        ElseIf (IAFQA1 > 3.5) And (IAFQA1 < 25) Then
            IAFQC1 = 0.5226 * IAFQA1 ^ 0.5364
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        Else
            IAFQC1 = 0.2525 * IAFQA1 ^ 0.7587
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        End If
    End If

    If (cboIAFNConforto.SelectedItem = "Elevado") Then
        If (IAFQA1 < 3.5) Then
            IAFQC1 = 0.6015 * IAFQA1 ^ 0.5825
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        ElseIf (IAFQA1 > 3.5) And (IAFQA1 < 25) Then
            IAFQC1 = 0.5834 * IAFQA1 ^ 0.5872
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        Else
            IAFQC1 = 0.31 * IAFQA1 ^ 0.775
            txtIAFDQCalculo1.Text = String.Format("{0}", IAFQC1)
        End If
    End If

End Sub

```

Figura 5.23 – Código do caudal de cálculo da Instalação Interior de Água Fria

A interligação dos elementos e a dependência existente entre os mesmos é um fator visível nos três exemplos dados anteriormente, sendo mais relevante no último exemplo. Assim, é necessário garantir que sempre que se altere um valor ou uma condição que as rotinas cujas funções são dependentes desses valores ou condições atualizem automaticamente. Desta forma, e, tomando como exemplo o último, sendo o caudal de cálculo dependente do nível de conforto e do caudal acumulado, é necessário garantir que quando um destes parâmetros é alterado o

valor do caudal de cálculo é atualizado. Para que tal aconteça, deve colocar-se a rotina referente ao caudal de cálculo no código dos elementos que contêm os parâmetros dos quais depende. Na figura 5.24 apresentam-se os códigos automáticos dos parâmetros caudal acumulado e nível de conforto que se referem à alteração do conteúdo contido no elemento. A colocação da rotina do caudal de cálculo em ambos os códigos permite que o valor atualize automaticamente quando existe a alteração de um destes parâmetros.

```
Private Sub txtIAFDQAcumulado1_TextChanged(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles txtIAFDQAcumulado1.TextChanged
    IAFcaudalCalculo1()
End Sub

Private Sub cboIAFNConforto_SelectedIndexChanged(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles cboIAFNConforto.SelectedIndexChanged
    IAFcaudalCalculo1()
End Sub
```

Figura 5.24 – Código automático do caudal acumulado e do nível de conforto da Instalação Interior de Água Fria

Outro tipo de código utilizado e, apresentado como quarto exemplo, diz respeito à atribuição dos valores dos diâmetros internos e externos tendo em consideração o tipo de material escolhido e o valor do diâmetro calculado. Neste exemplo temos igualmente uma sequência de condições “se” em primeiro lugar para seleção do tipo de material e em segundo consoante o valor do diâmetro calculado. Como o código referente a esta rotina é muito extenso apresenta-se na figura 5.25 um excerto do mesmo. Neste excerto é possível verificar a atribuição de variáveis ao diâmetro interior e exterior e a sequência de condições “se” quer em relação ao tipo de material quer em relação ao diâmetro calculado. Esta rotina apresenta a particularidade “ByVal x” que permite que o procedimento decorra sem que se altere o valor da variável subjacente ao argumento do código sendo, neste caso específico, *x* a variável atribuída ao diâmetro calculado.

```

Private Sub CAFDiametroInterior8(ByVal x)
    If txtCAFDDI8.Text <> "" Then
        CAFDDI8 = Convert.ToDouble(txtCAFDDI8.Text)
    End If
    If txtCAFDDDE8.Text <> "" Then
        CAFDDE8 = Convert.ToDouble(txtCAFDDDE8.Text)
    End If
    If cboTipoMaterial.SelectedItem = "Aço Inox" Then
        If x > 0 And x <= 10 Then
            CAFDDI8 = 10
            CAFDDE8 = 10.045
        End If
        If x > 10 And x <= 12 Then
            CAFDDI8 = 12
            CAFDDE8 = 12.045
        End If
        If x > 12 And x <= 15 Then
            CAFDDI8 = 15
            CAFDDE8 = 15.045
        End If
    End If
    (...)
    If cboTipoMaterial.SelectedItem = "Aço Galvanizado" Then
        If x > 0 And x <= 8 Then
            CAFDDI8 = 8
            CAFDDE8 = 13.5
        End If
        If x > 8 And x <= 10 Then
            CAFDDI8 = 10
            CAFDDE8 = 17.2
        End If
        If x > 10 And x <= 15 Then
            CAFDDI8 = 15
            CAFDDE8 = 21.3
        End If
        If x > 15 And x <= 20 Then
            CAFDDI8 = 20
            CAFDDE8 = 26.9
        End If
    End If
    (...)
    If cboTipoMaterial.SelectedItem = "Policloreto de Vinilo (PVC)" Then
        If x > 0 And x <= 16 Then
            CAFDDI8 = 16
            CAFDDE8 = 16.3
        End If
        If x > 16 And x <= 20 Then
            CAFDDI8 = 20
            CAFDDE8 = 20.3
        End If
        If x > 20 And x <= 25 Then
            CAFDDI8 = 25
            CAFDDE8 = 25.3
        End If
        If x > 25 And x <= 32 Then
            CAFDDI8 = 32
            CAFDDE8 = 32.3
        End If
        If x > 32 And x <= 40 Then
            CAFDDI8 = 40
            CAFDDE8 = 40.3
        End If
    End If
    (...)
    If cboTipoMaterial.SelectedItem = "Polietileno Reticulado (PEX)" Then
        If x > 0 And x <= 10 Then
            CAFDDI8 = 10
            CAFDDE8 = 10.3
        End If
        If x > 10 And x <= 12 Then
            CAFDDI8 = 12
            CAFDDE8 = 12.3
        End If
        If x > 12 And x <= 16 Then
            CAFDDI8 = 16
            CAFDDE8 = 16.3
        End If
        If x > 16 And x <= 20 Then
            CAFDDI8 = 20
            CAFDDE8 = 20.3
        End If
    End If
    (...)

```

Figura 5.25 – Excerto do código de atribuição de diâmetro interno e externo da Instalação Coletiva de Água Fria

Como a comparação é realizada com valores inteiros é necessário que o valor lido pela rotina seja também um número inteiro. Para tal, no código do elemento deve colocar-se essa informação aquando da chamada da rotina de cálculo, como se pode observar na figura 5.26. A função que permite a leitura como número inteiro corresponde a “CInt” e transforma o valor do elemento definido entre parêntesis.

```

Private Sub txtCAFDDC1_TextChanged(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles txtCAFDDC1.TextChanged
    CAFDiametroInterior1(CInt(txtCAFDDC1.Text))
End Sub

```

Figura 5.26 – Código automático do elemento cujo parâmetro é o diâmetro calculado

Nos exemplos anteriores demonstrou-se, através de excertos, algumas das rotinas do código do programa. O restante código assemelha-se ao que foi apresentado à exceção das funções que permitem guardar, abrir e exportar as informações do programa.


```
Private Sub Button1_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles butExportar.Click

    Dim xlApp As Excel.Application = New Microsoft.Office.Interop.Excel.Application()

    If xlApp Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Excel is not properly installed!!")
        Return
    End If

    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    Dim misValue As Object = System.Reflection.Missing.Value

    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open(System.Windows.Forms.Application.StartupPath & "\template.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Sheets("Coletiva Água Fria")
    xlWorkSheet.Cells(4, 2) = txtCAFINI1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 3) = txtCAFTFIM1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 4) = txtCAFNFT1_1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 5) = txtCAFNFT2_1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 6) = txtCAFNFT3_1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 7) = txtCAFNFT4_1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 8) = txtCAFNFT5_1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 9) = txtCAFRC1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 10) = txtCAFCA1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 11) = txtCAFCL1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 12) = txtCAFCEQ1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 13) = txtCAFQAI1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 14) = txtCAFQCI1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 15) = txtCAFDDC1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 16) = txtCAFDDI1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 17) = txtCAFDE1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 18) = txtCAFDP11.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 19) = txtCAFDPF1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 20) = txtCAFDC1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 21) = txtCAFFR1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 22) = txtCAFDPCCargaUnitaria1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 23) = txtCAFDPCCargaDinamica1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 24) = txtCAFDPCCargaTotal1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 25) = txtCAFVTramo1.Text
    xlWorkSheet.Cells(4, 26) = txtCAFVAvaliacao1.Text
    xlWorkSheet.Cells(5, 2) = txtCAFINI2.Text
    xlWorkSheet.Cells(5, 3) = txtCAFTFIM2.Text
    xlWorkSheet.Cells(5, 4) = txtCAFNFT1_2.Text
```

Figura 5.30 – Excerto do código da função “Exportar”

Quando é dada a ordem de “Exportar” o programa informa o utilizador de que o ficheiro foi criado com sucesso como se pode observar na figura 5.31 e este ficheiro é gravado com o nome “Dimensionamento” no Ambiente de Trabalho do utilizador.

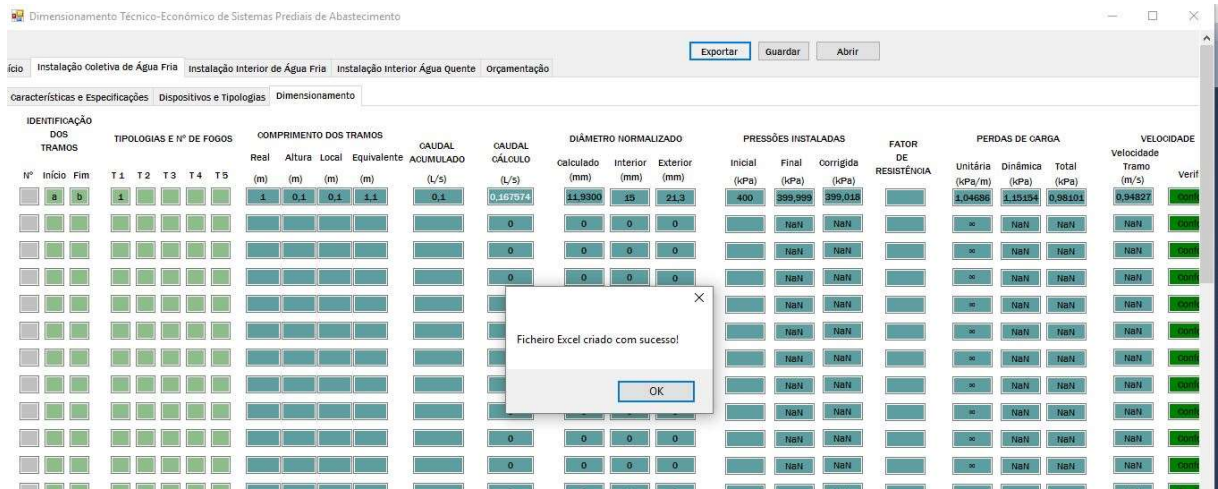


Figura 5.31 – Informação do programa relativo à função “Exportar”

O ficheiro gerado tem uma arquitetura semelhante à do programa como é possível visualizar na figura 5.32.

IDENTIFICAÇÃO DOS TRAMOS		TIPOLOGIA E Nº DE FOGOS					COMPRIMENTO DOS TRAMOS (m)				CAUDAL ACUMULADO (L/s)		CAUDAL CÁLCULO (L/s)			DIÁMETRO (mm)			PRESSÕES (kPa)			FATOR DE RESISTÊNCIA	PERDAS DE CARGA (kPa)			VELOCIDADE (m/s)
Nº	Início	Fim	T1	T2	T3	T4	T5	Real	Altura	Local	Equivalente	Real	Altura	Local	Equivalente	Calculado	Interior	Exterior	Inicial	Final	Corrigida	Unitária	Dinâmica	Total	Velocidade	
1	a	b	1					1	0,1	0,1	1,1	0,1				0,167574	0	0	21,3	400	399,999	399,018	1,04686	1,15134	0,58101	0,94827
2																0	0	0								
3																0	0	0								
4																0	0	0								
5																0	0	0								
6																0	0	0								
7																0	0	0								
8																0	0	0								
9																0	0	0								
10																0	0	0								
11																0	0	0								
12																0	0	0								
13																0	0	0								
14																0	0	0								
15																0	0	0								
16																0	0	0								
17																0	0	0								
18																0	0	0								

Figura 5.32 – Excerto do ficheiro .xls gerado pelo programa

5.6 Aplicação prática do programa

A verificação dos cálculos efetuados pelo programa foi realizada através do exemplo descrito no capítulo 8.7 do Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água e que se descreve de seguida.

O exemplo representa um sistema de distribuição de água para fins domésticos de um edifício com cinco pisos, cujo primeiro piso constitui parte comum onde se situam as garagens e arrecadações. Os restantes pisos constituem duas habitações, ambas de tipologia T3 de tipo duplex. O abastecimento de água do edifício será feito através de um ramal de ligação que estabelecerá a ligação com a rede pública de abastecimento de água, a qual assegurará uma distribuição com uma pressão de 400 kPa. A rede é constituída por tubagens de aço galvanizado.

No edifício serão instalados três contadores, um por cada inquilino e o terceiro para medição dos caudais consumidos na zona comum.

Em cada habitação serão instalados dois aparelhos de produção de água quente (um esquentador e um termoacumulador). O esquentador ficará instalado na cozinha e abastecerá em termos de água quente a cozinha e a instalação sanitária situada nesse piso; no 2º piso das habitações serão instalados termoacumuladores que abastecerão de água quente as duas instalações sanitárias aí presentes.

A aplicação prática do programa de cálculo passa por comparar os valores de dimensionamento explícitos no exemplo descrito anteriormente com os valores obtidos no programa de cálculo desenvolvido. Assim, de seguida, apresentam-se os tramos considerados pelo autor (tabela 5.10 e tabela 5.11) e os respetivos valores de dimensionamento (tabela 5.12).

Tabela 5.10 – Ramais de introdução e de ligação(Pedroso, 2000)

Tramo	Dispositivos	Comprimento (m)
A – B	$2Re + 2Mr + 2Ml + 4Ll + 12Lv + 6Br + 8Bd + 8Ba$	4,0
B – C	$2Mr + 2Ml + 4Ll + 12Lv + 6Br + 8Bd + 8Ba$	0,8
C – C'	$1Mr + 1Ml + 2Ll + 6Lv + 3Br + 4Bd + 4Ba$	-

Tabela 5.11 – Ramais de distribuição e alimentação(Pedroso, 2000)

Tramo	Dispositivos	Comprimento (m)
C-D	$1Mr + 1Ml + 2Ll + 6Lv + 3Br + 4Bd + 4Ba$	12,0
D-E	$1Mr + 1Ml + 2Ll + 6Lv + 3Br + 4Bd + 4Ba$	9,5
E-F	$2Br + 4Bd + 4Ba + 4Lv$	3,0
F-G	$1Br + 3Lv + 3Ba + 3Bd$	1,0
G-H	$1Lv + 1Ba + 1Bd + 1Br$	5,0
H-I	$1Ba + 1Bd + 1Br$	3,0
I-J	$1Bd + 1Br$	2,5
J-L	$1Br$	0,6

Tabela 5.12 – Valores de dimensionamento referidos no M.S.P.D.D.A.(Pedroso, 2000)

Tramo	Qa (L/s)	Qc (L/s)	L (m)	Leq. (m)	DN (mm)	$\phi_{int.}$ (mm)	v (m/s)	J (m/m)
A – B	6,7	1,45	4,0	4,8	40	41,9	1,05	0,053
B – C	6,1	1,38	0,8	0,96	40	41,9	1,0	0,049
C – D	3,05	0,97	12,0	14,4	32	36,0	0,95	0,054
D – E	3,05	0,97	9,5	11,4	32	36,0	0,95	0,054
E – F	2,0	0,78	3,0	3,6	32	36,0	0,77	0,037
F – G	1,45	0,66	1,0	1,2	32	36,0	0,65	0,028
G – H	0,55	0,40	5,0	6,0	20	21,7	1,09	0,128
H – I	0,45	0,36	3,0	3,6	20	21,7	0,98	0,107
I – J	0,20	0,20	2,5	3,0	15	16,1	0,98	0,156
J – L	0,10	0,10	0,6	0,72	15	16,1	0,49	0,046

Os resultados obtidos através do programa de cálculo encontram-se resumidos na tabela 5.13, para termo de comparação com os valores de dimensionamento apresentados na tabela 5.12. Contudo, as secções do programa preenchidas para efetuar o dimensionamento encontram-se no anexo III. Os valores destacados a amarelo na tabela 5.13 e na tabela 5.14 representam os valores que diferem dos apresentados pelo autor no exemplo prático do Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas. A verificação dos valores obtidos pelo programa de cálculo foi realizada através de cálculo manual e apresentam-se nas equações (5.1) a (5.10) com as respetivas justificações de cálculo.

Tabela 5.13 – Valores de dimensionamento obtidos pelo programa de cálculo

Tramo	Qa (L/s)	Qc (L/s)	L (m)	Leq. (m)	DN (mm)	$\phi_{int.}$ (mm)	v (m/s)	J (m/m)
A – B	6,7	1,45	4,0	4,8	40	41,9	1,05	0,053
B – C	6,1	1,38	0,8	0,96	40	41,9	1,0	0,049
C – D	3,05	0,97	12,0	14,4	32	36,0	0,95	0,054
D – E	3,05	0,97	9,5	11,4	32	36,0	0,95	0,054
E – F	2,0	0,78	3,0	3,6	32	36,0	0,77	0,037
F – G	1,45	0,66	1,0	1,2	25	27,3	1,13	0,103
G – H	0,55	0,40	5,0	6,0	20	21,7	1,09	0,128

Tabela 5.14 - Valores de dimensionamento obtidos pelo programa de cálculo (continuação)

Tramo	Qa (L/s)	Qc (L/s)	L (m)	Leq. (m)	DN (mm)	$\phi_{int.}$ (mm)	v (m/s)	J (m/m)
H – I	0,45	0,36	3,0	3,6	20	21,7	0,98	0,107
I – J	0,20	0,24	2,5	3,0	15	16,1	1,17	0,214
J – L	0,10	0,17	0,6	0,72	15	16,1	0,82	0,114

As diferenças entre os resultados do programa de cálculo e os valores apresentados no M.S.P.D.D.A. verificam-se apenas em três tramos, F-G, I-J e J-L. De seguida apresentam-se as justificações e os cálculos efetuados pelo programa.

Tramo F-G

No tramo F-G a diferença consiste no diâmetro selecionado pelo autor para o tramo e a seleção do diâmetro por parte do programa. O autor define que o diâmetro para o tramo é o DN 32 mm enquanto que o programa define o diâmetro DN 25 mm. Este valor é definido consoante o valor do diâmetro calculado, como se demonstra na equação (5.1), como o valor obtido é 23,71 mm o programa assume que o diâmetro normalizado a utilizar é o superior a este valor, ou seja, o diâmetro normalizado 25 mm. A alteração do diâmetro normalizado e consequentemente a alteração do diâmetro interior implica valores diferentes de velocidade e perda de carga.

$$Dc = \sqrt{\frac{1,274Qc}{V}} \Leftrightarrow Dc = \sqrt{\frac{1,274 \times (0,66 \times 10^3)}{1,5}} \Leftrightarrow Dc = 23,71mm \quad (5.1)$$

$$Dc = 23,71mm \rightarrow DN25 \rightarrow \phi_{int} = 27,3mm \quad (5.2)$$

$$V = \frac{4 \times Qc}{\pi \times D_{int}^2} \Leftrightarrow V = \frac{4 \times (0,66 \times 10^3)}{\pi \times (27,3 \times 10^{-3})^2} \Leftrightarrow V = 1,131m/s \quad (5.3)$$

$$J = 4 \times b \times \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \Leftrightarrow J = 4 \times 0,00023 \times \frac{1,13^{1,75}}{0,0273^{1,25}} \Leftrightarrow J = 0,1027m/m \quad (5.4)$$

Tramo I-J

No caso do tramo I-J as diferenças surgem com o caudal de cálculo. O autor utiliza o valor do caudal acumulado enquanto que o programa calcula o valor do caudal através do método de *Delebecque* considerando conforto médio e que o caudal acumulado é inferior a 3,5 L/s. Tendo em conta o valor de caudal de cálculo obtido, os valores da velocidade e perda de carga são diferentes uma vez que dependem do valor do caudal de cálculo.

$$Q_c = 0,5469 \times Q_{acumulado}^{0,5137} \Leftrightarrow Q_c = 0,5469 \times 0,2^{0,5137} \Leftrightarrow Q_c = 0,239 \text{ L / s} \quad (5.5)$$

$$V = \frac{4 \times Q_c}{\pi \times D_{int.}^2} \Leftrightarrow V = \frac{4 \times (0,239 \times 10^3)}{\pi \times (16,1 \times 10^{-3})^2} \Leftrightarrow V = 1,174 \text{ m / s} \quad (5.6)$$

$$J = 4 \times b \times \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \Leftrightarrow J = 4 \times 0,00023 \times \frac{1,174^{1,75}}{0,0161^{1,25}} \Leftrightarrow J = 0,214 \text{ m / m} \quad (5.7)$$

Tramo J-L

As diferenças encontradas no tramo J-L devem-se igualmente ao método de cálculo do valor do caudal de cálculo, tal como sucedido no tramo I-J.

$$Q_c = 0,5469 \times Q_{acumulado}^{0,5137} \Leftrightarrow Q_c = 0,5469 \times 0,1^{0,5137} \Leftrightarrow Q_c = 0,1675 \text{ L / s} \quad (5.8)$$

$$V = \frac{4 \times Q_c}{\pi \times D_{int.}^2} \Leftrightarrow V = \frac{4 \times (0,1675 \times 10^3)}{\pi \times (16,1 \times 10^{-3})^2} \Leftrightarrow V = 0,823 \text{ m / s} \quad (5.9)$$

$$J = 4 \times b \times \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \Leftrightarrow J = 4 \times 0,00023 \times \frac{0,823^{1,75}}{0,0161^{1,25}} \Leftrightarrow J = 0,114 \text{ m / m} \quad (5.10)$$

Após comparação dos resultados obtidos com os resultados propostos pelo autor do exemplo prático, conclui-se que o dimensionamento realizado pelo programa coincide com os valores de dimensionamento esperados de forma que o processo de cálculo do programa é válido.

6. CONCLUSÃO

No presente capítulo apresentam-se as principais conclusões bem como sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

O principal objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um programa de cálculo que permitisse o dimensionamento das redes coletiva e interior de abastecimento de água. Para o efeito, procedeu-se a uma revisão de conteúdos relacionados com o tema, com o objetivo de compreender e incorporar no programa todos os elementos necessários ao correto dimensionamento dos sistemas prediais.

O programa desenvolvido constitui uma ferramenta útil para o dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento de água que qualquer engenheiro pode utilizar ou desenvolver sem ser necessário a aquisição de um produto comercial. Ao longo do desenvolvimento do programa foram surgindo algumas dificuldades associadas, fundamentalmente, à escassez de conhecimentos em programação, na linguagem de programação e com o processo de criação de um aplicativo, mas que foram ultrapassadas com a ajuda de tutoriais e fóruns de dúvidas permitindo a conclusão do programa de cálculo e conseqüentemente o objetivo da presente dissertação. Embora se tenha concretizado o propósito do programa e, este esteja funcional, tal como se provou no capítulo anterior através de comparação de resultados, existem melhoramentos a fazer e a possibilidade de desenvolver o programa de cálculo, sugerindo-se a continuação do trabalho realizado.

Inicialmente, propôs-se a criação de um programa que permitisse definir qual a fórmula de cálculo da perda de carga unitária e o respetivo material a utilizar na rede. Este objetivo foi cumprido sendo possível o utilizador escolher entre quatro fórmulas de cálculo da perda de carga unitária bem como escolher qual o material que pretende tendo-se inserido no programa oito materiais usualmente utilizados neste tipo de redes. Desta forma, o programa abrange um

maior leque de possibilidades no dimensionamento ao contrário do que acontece com algumas aplicações comerciais disponíveis.

Além dos valores que são calculados automaticamente, o programa permite alterar os valores obtidos, por exemplo, caso o diâmetro atribuído não seja a melhor opção para o utilizador, este pode alterar esse valor e os cálculos que dependem deste parâmetro serão recalculados de forma imediata. Pretende-se desta forma que o utilizador seja livre de introduzir os valores que pretende e não restringir aos dados e valores do programa.

A opção de criar um programa de cálculo através do programa *Microsoft Visual Basic 2010 Express* recorrendo a linguagem *Visual Basic*, em vez de criar uma folha de cálculo em *Microsoft Excel*, permitiu consolidar os conhecimentos relativos ao dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento de água, mas também adquirir conhecimento na área da programação e no desenvolvimento de aplicativos.

6.2 Sugestões de trabalhos futuros

Os sistemas prediais de abastecimento de água sofreram ao longo dos anos uma evolução significativa quer em termos de características, quer em termos de materiais e ainda dos elementos constituintes. Atualmente, existem ainda fatores em evolução, mas, existem sobretudo, preocupações como a sustentabilidade ou a otimização destes sistemas.

Como trabalhos futuros, sugere-se o melhoramento do programa desenvolvido, em termos de alteração da arquitetura do mesmo de forma a permitir a realização de ciclos de busca entre elementos, de modo a automatizar a introdução de dados e cálculo do orçamento. Ainda sob o ponto de vista de melhoramento do programa, seria interessante, conseguir de a introdução de linhas de cálculo consoante a necessidade do utilizador.

Tendo em conta que os parâmetros e critérios utilizados para construção do programa estão de acordo com o *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*, sugere-se a criação de uma base de dados que permita guardar a informação relativa aos diâmetros comerciais de empresas presentes no mercado bem como as características do material.

Embora, o intuito da dissertação fosse somente o dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento de água, seria interessante acrescentar ao programa o dimensionamento dos sistemas de drenagem, podendo assim abranger o cálculo de todo o sistema predial.

Por último, este trabalho só estará completo com a afinação de todos os elementos em termos de introdução de dados e obtenção de resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso, A. B. da S. (2001). *Contributo para o dimensionamento de redes de águas em edifícios especiais. Aplicação de modelos matemáticos*. Universidade do Porto.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2012). Programa nacional para o uso eficiente da água.

Assis Paixão, M. (1999). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais*. (Orion, Ed.) (2ª Edição).

Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. (2014). Especificação Técnica Anqip Eta 0806 Eta 0806.

Baptista, A. S. C. (2006). *Análise da Viabilidade Económica da Utilização de Aquecedores Solares de Água em Resorts no Nordeste do Brasil*.

Baptista, F. P. (2011). *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria Dissertação*.

Barbosa, J. N. (1985). *Mecânica dos fluidos e hidráulica geral, vol. 1*. (P. Editora, Ed.). Porto.

Barbosa, J. N. (1986). *Mecânica dos Fluidos e hidráulica geral, vol. 2*. (P. Editora, Ed.). Porto.

Esteves, J. C. S. (2011). *Análise Técnica e Económica de Sistemas Duais de Distribuição de Água*.

Lafay, J.-M. S. (2005). *Análise Energética de Sistemas de Aquecimento de Água com Energia Solar e Gás*.

Leitão, D. C. (2013). Capítulo I - Sistemas Prediais de Distribuição de Água. Guimarães.

Martins, D. C. (2013). *Abastecimento de Água e Caracterização de Equipamento de Produção de Água Quente Sanitária*.

Mogawer, T., & Souza, T. M. (2004). Sistema Solar de Aquecimento de Água para Residências Populares.

Naspolini, H. F., Militão, H. S. G., & Rütther, R. (2010). The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2835–2845. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.021>

Naspolini, H. F., & Rütther, R. (2012). Assessing the technical and economic viability of low-cost domestic solar hot water systems (DSHWS) in low-income residential dwellings in Brazil. *Renewable Energy*, 48, 92–99. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2012.04.046>

Neves, M. V., & Afonso, A. da S. (2010). Especificações técnicas para o aproveitamento da água das chuvas e das águas cinzentas nos edifícios. *5.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos E Ambiente*.

Pedroso, V. M. R. (2000). *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. (LNEC, Ed.). Lisboa.

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (1995).

Sá, N. J. M. (2012). *Optimização de sistemas prediais de distribuição de água fria*.

Silva, A. I. (2014). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifônica*.

Silva, P. (2015). *Redes Prediais - Evolução, Avaliação e Perspetiva*. Universidade do Porto.

Silva, T. (2012). *Estudo de viabilidade técnico- económico do aproveitamento das águas em sistemas prediais*. Universidade Nova de Lisboa.

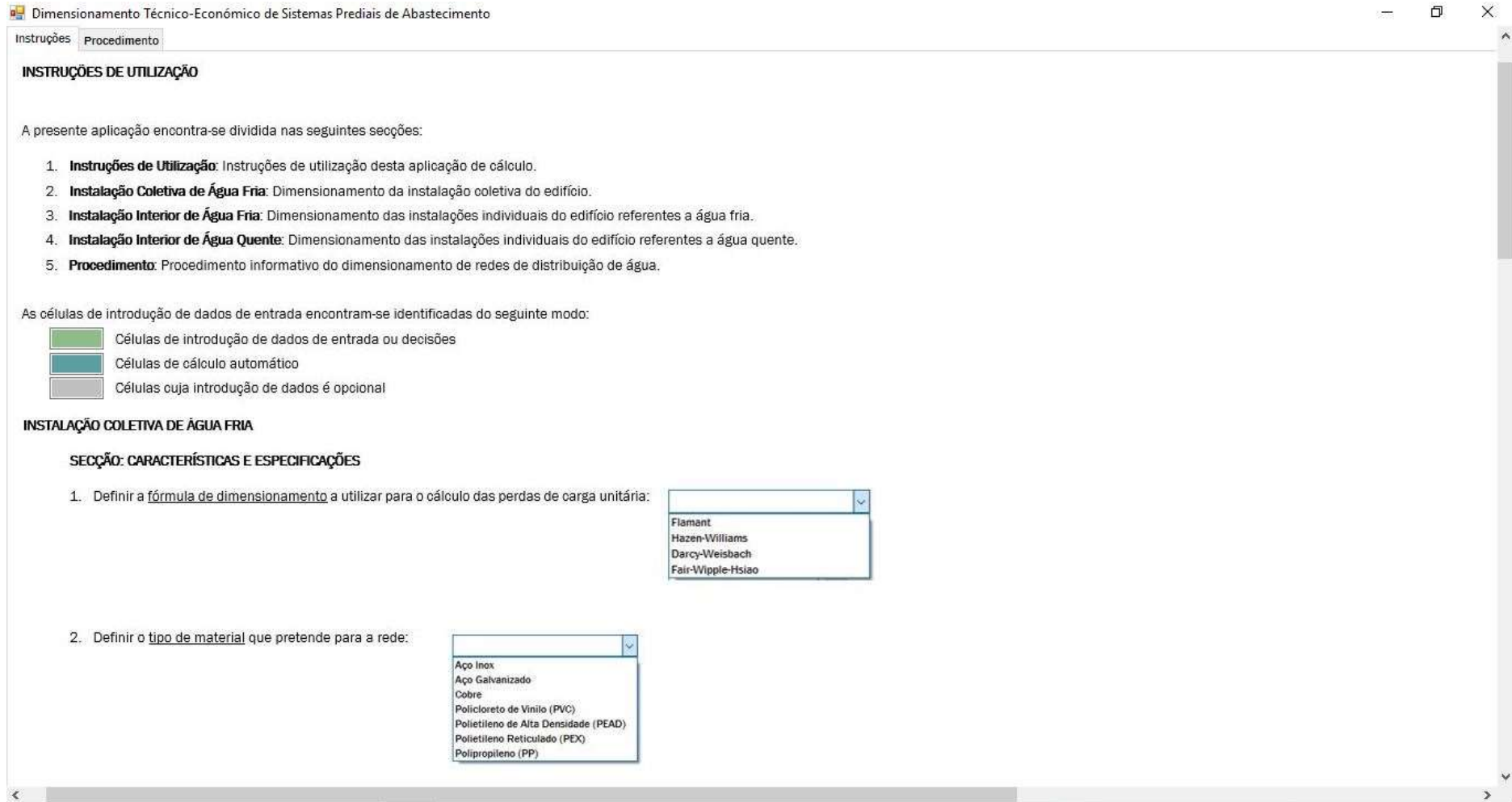
Srinivas, M. (2011). Domestic solar hot water systems: Developments, evaluations and essentials for “viability” with a special reference to India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3850–3861.

Teixeira, N. M. R. (2013). *Avaliação da Viabilidade Técnico-Econômica da Reutilização de Águas numa Moradia Unifamiliar*.

Zambrana-Vasquez, D., Aranda-Usón, A., Zabalza-Bribián, I., Jañez, A., Llera-Sastresa, E., Hernandez, P., & Arrizabalaga, E. (2015). Environmental assessment of domestic solar hot water systems: A case study in residential and hotel buildings. *Journal of Cleaner Production*, 88, 29–42.

ANEXOS

ANEXO I – SECÇÕES CONSTITUINTES DO PROGRAMA



Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento




Instruções | Procedimento

INSTRUÇÕES DE UTILIZAÇÃO

A presente aplicação encontra-se dividida nas seguintes secções:

- Instruções de Utilização:** Instruções de utilização desta aplicação de cálculo.
- Instalação Coletiva de Água Fria:** Dimensionamento da instalação coletiva do edifício.
- Instalação Interior de Água Fria:** Dimensionamento das instalações individuais do edifício referentes a água fria.
- Instalação Interior de Água Quente:** Dimensionamento das instalações individuais do edifício referentes a água quente.
- Procedimento:** Procedimento informativo do dimensionamento de redes de distribuição de água.

As células de introdução de dados de entrada encontram-se identificadas do seguinte modo:

-  Células de introdução de dados de entrada ou decisões
-  Células de cálculo automático
-  Células cuja introdução de dados é opcional

INSTALAÇÃO COLETIVA DE ÁGUA FRIA

SECÇÃO: CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES


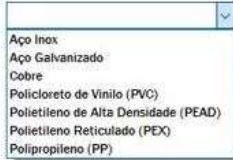
- Definir a fórmula de dimensionamento a utilizar para o cálculo das perdas de carga unitária:

- Definir o tipo de material que pretende para a rede:


Figura AI 1- Secção Início – Subsecção Instruções

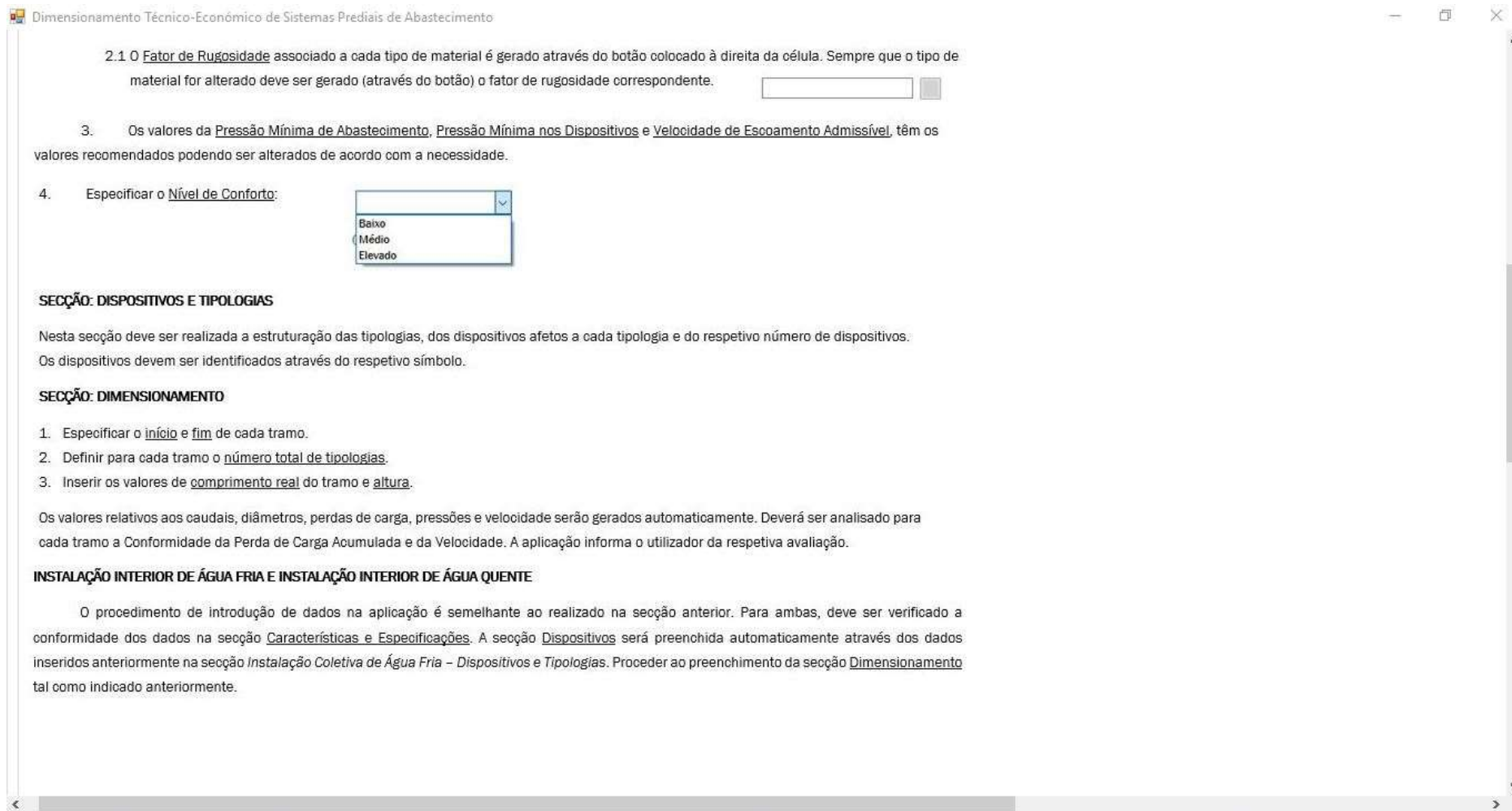


Figura AI 2 - Secção Início – Subsecção Instruções (continuação)

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Instruções Procedimento

SEÇÃO	CARACTERÍSTICA	UNIDADES	FÓRMULAS/OBSERVAÇÕES
Características e Especificações	Fórmulas de dimensionamento.		Fórmulas possíveis: Flamant, Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Fair-Whipple-Hsiao.
	Tipo de Material		Aço Inox, Aço Galvanizado, Cobre, Policloreto de Vinilo (PVC), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno Reticulado (PEX), Polipropileno (PP).
	Fator de Rugosidade		O fator de rugosidade é definido consoante o tipo de material escolhido no parâmetro anterior. O seu valor é gerado a partir do botão à direita da caixa e, sempre, que alterar o tipo de material deve ser gerado novo valor do fator de rugosidade.
	Pressão Mínima na Rede	kPa	Estabelece-se, por recomendação, um valor inicial de 400 kPa.
	Pressão Mínima nos Dispositivos	kPa	O valor deve situar-se entre 50 e 600 kPa. Recomenda-se entre 150 e 300 kPa, por razões de conforto e durabilidade.
	Velocidade de Escoamento Admissível	m/s	A velocidade de escoamento admissível deve situar-se, por recomendação, entre 0,5 e 2 m/s. A velocidade recomendada é de 1,5 m/s.
	Nível de Conforto		Adota-se um nível de conforto médio para aplicação dos coeficientes de simultaneidade.
Dispositivos e Tipologias	Símbolo		Definir os dispositivos a partir dos respetivos símbolos.
	Descrição do dispositivo		Identificação do dispositivo.
	Caudal Instantâneo	L/s	
	Número de		Número de dispositivos existentes em cada tipologia.

Figura AI 3 - Secção Início – Subsecção Procedimento

		Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento				
Dispositivos e Tipologias	Símbolo		Definir os dispositivos a partir dos respetivos símbolos.			
	Descrição do dispositivo		Identificação do dispositivo.			
	Caudal Instantâneo	L/s				
	Número de dispositivos		Número de dispositivos existentes em cada tipologia.			
	Caudal Total	L/s	Caudal total referente ao número total de dispositivos.			
Dimensionamento	Nº Tramo		Identificação do número do tramo de acordo com o desenho da instalação. (Opcional)			
	Início e fim do tramo		Codificação dos tramos previamente realizada no desenho da instalação através da divisão da mesma em nós.			
	Tipologias e Nº de Fogos		Definir para cada tramo o número total de tipologias abastecidas nas colunas correspondentes.			
	Comprimento Real	m	Consultar desenho.			
	Altura	m	A altura deverá ser considerada positiva se o tramo for ascendente e negativa caso o tramo seja descendente.			
	Perda de Carga Local	m				
	Comprimento Equivalente	m	É efetuado um acréscimo de 20 % ao comprimento real do tramo para compensação das perdas de carga localizadas. $L_{eq.} = L_{real} + L_{local}$ $L_{eq.} = 1.2 \times L_{real}$			
	Caudal Acumulado	L/s	Caudal Total em cada tramo, obtido automaticamente a partir da secção anterior.			
			Q _{acumulado} (L/s)	Conforto Baixo (B)	Conforto Médio (M)	Conforto Elevado (E)
			Q _{acum.} ≤ 3.5	Q _c = 0.5099 × Q _{acum.} ^{0.5092}	Q _c = 0.5469 × Q _{acum.} ^{0.5187}	Q _c = 0.6015 × Q _{acum.} ^{0.5825}

Figura AI 4 - Secção Início – Subsecção Procedimento (continuação)

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Caudal de Cálculo	L/s	Q _{acumulado} (L/s)	Conforto Baixo (B)	Conforto Médio (M)	Conforto Elevado (E)
		Q _{acum.} ≤ 3.5	$Q_c = 0.5099 \times Q_{acum.}^{0.5092}$	$Q_c = 0.5469 \times Q_{acum.}^{0.5137}$	$Q_c = 0.6015 \times Q_{acum.}^{0.5825}$
		3.5 < Q _{acum.} ≤ 25	$Q_c = 0.4944 \times Q_{acum.}^{0.5278}$	$Q_c = 0.5225 \times Q_{acum.}^{0.5364}$	$Q_c = 0.5834 \times Q_{acum.}^{0.5872}$
		25 < Q _{acum.} ≤ 500	$Q_c = 0.2230 \times Q_{acum.}^{0.7561}$	$Q_c = 0.2525 \times Q_{acum.}^{0.7587}$	$Q_c = 0.3100 \times Q_{acum.}^{0.7750}$
Diâmetro Calculado	mm	Calculado através da Equação da Continuidade			
		$D = \sqrt{\frac{1.274 \times Q_c}{V}}$			
Diâmetro Interior	mm	Gerados consoante o tipo de material escolhido na secção <i>Características e Especificações</i> .			
Diâmetro Exterior	mm				
Fator de Resistência		$f = \frac{1}{[-1.8 \times \log\left[\left(\frac{\epsilon}{3.7D}\right)^{1.11} + \frac{6900v}{V \times D}\right]]^2}$			
Pressão Inicial	kPa				
Pressão Final	kPa	A relação entre a pressão inicial e a pressão final de um tramo é estabelecida através do cálculo da perda de carga unitária obtida por intermédio da fórmula de dimensionada escolhida na secção <i>Características e Especificações</i> .			
Pressão Corrigida	kPa	$P_{final} = P_{inicial} - \Delta P = P_{inicial} - J \times L_{eq.}$ $P_{corrigida} = P_{inicial} - J \times L_{eq.} - 9.81 \times h$			
Perda de Carga Unitária	kPa/m	Fórmula de Flamant: $J = b \times \frac{v^{1.75}}{D^{1.25}}$ Fórmula de Darcy-Weisbach: $J = \frac{f}{D} \times \frac{v^2}{2g}$ Fórmula de Hazen-Williams: $J = \frac{10.646}{D^{1.87}} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$			

Figura AI 5 - Secção Início – Subsecção Procedimento (continuação)

Seção Características e Especificações.		
Pressão Corrigida	kPa	$P_{final} = P_{inicial} - \Delta P = P_{inicial} - J \times L_{eq.}$ $P_{corrigida} = P_{inicial} - J \times L_{eq.} - 9.81 \times h$
Perda de Carga Unitária	kPa/m	Fórmula de Flamant: $J = b \times \frac{v^{1.75}}{D^{1.25}}$ Fórmula de Darcy-Weisbach: $J = \frac{f}{D} \times \frac{v^2}{2g}$ Fórmula de Hazen-Williams: $J = \frac{10.646}{D^{4.87}} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$ Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao: $J = 19.8 \times 10^6 \times \frac{Q^{1.88}}{D^{4.88}}$
Perda de Carga Dinâmica	kPa	$\Delta P = J \times L_{eq.}$
Perda de Carga Total	kPa	$\Delta P_c = P_{inicial} - P_{corrigida}$
Velocidade no Tramo	m/s	$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$
Verificação da Velocidade		Se a velocidade no tramo se situar no intervalo entre 0,5 e 2,0 m/s o utilizador receberá a mensagem "Conforme" caso contrário receberá a mensagem "Redimensionar".

Figura AI 6 - Secção Início – Subsecção Procedimento (continuação)

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Início Instalação Coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos e Tipologias Dimensionamento

Fórmula de Dimensionamento

Tipo de Material

Fator de Rugosidade

Pressão Mínima na Rede (kPa)

Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa)

Velocidade de Escoamento Admissível (m/s)

Nível de Conforto

Figura AI 7 - Secção Instalação Coletiva de Água Fria – Subsecção Características e Especificações

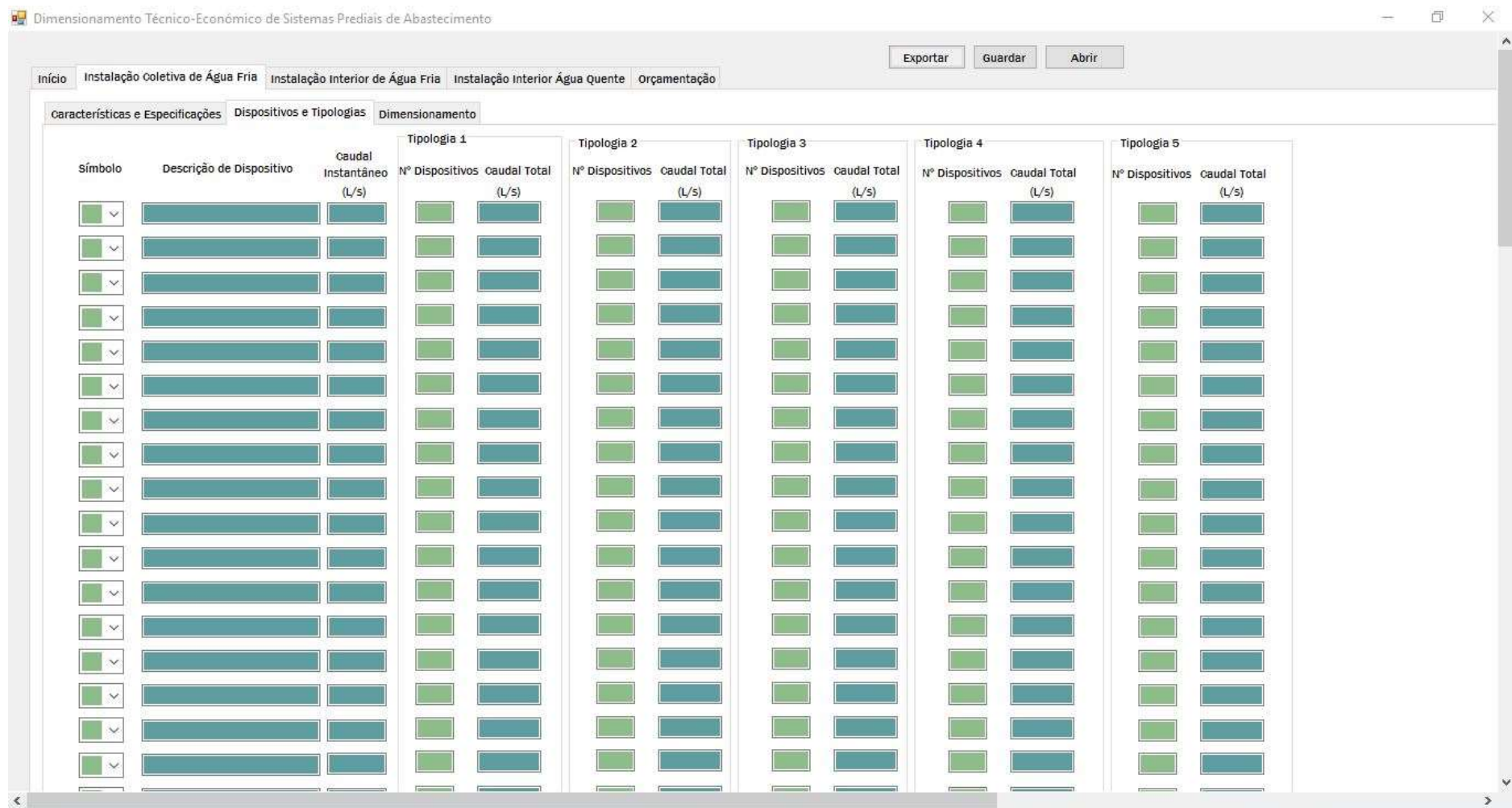


Figura AI 8 - Secção Instalação Coletiva de Água Fria – Subsecção Dispositivos e Tipologias

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Início Instalação Coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos e Tipologias Dimensionamento

IDENTIFICAÇÃO DOS TRAMOS			TIPOLOGIAS E Nº DE FOGOS					COMPRIMENTO DOS TRAMOS				CAUDAL		DIÂMETRO NORMALIZADO			PRESSÕES INSTALADAS			FATOR DE RESISTÊNCIA	PERDAS DE CARGA			VELOCIDADE		
Nº	Início	Fim	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	Real (m)	Altura (m)	Local (m)	Equivalente (m)	ACUMULADO (L/s)	CÁLCULO (L/s)	Calculado (mm)	Interior (mm)	Exterior (mm)	Inicial (kPa)	Final (kPa)	Corrigida (kPa)		Unitária (kPa/m)	Dinâmica (kPa)	Total (kPa)	Tramo (m/s)		
														0	0	0								NaN		
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0									NaN	
														0	0	0										

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Início Instalação Coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos Dimensionamento

Pressão de Abastecimento Interior (kPa) 300

Velocidade de Escoamento Admissível (m/s) 1,00

Pressão Mínima de Abastecimento (kPa) 400

Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa) 150

Nível de Conforto

Figura AI 11 - Secção Instalação Interior de Água Fria – Subsecção Características e Especificações

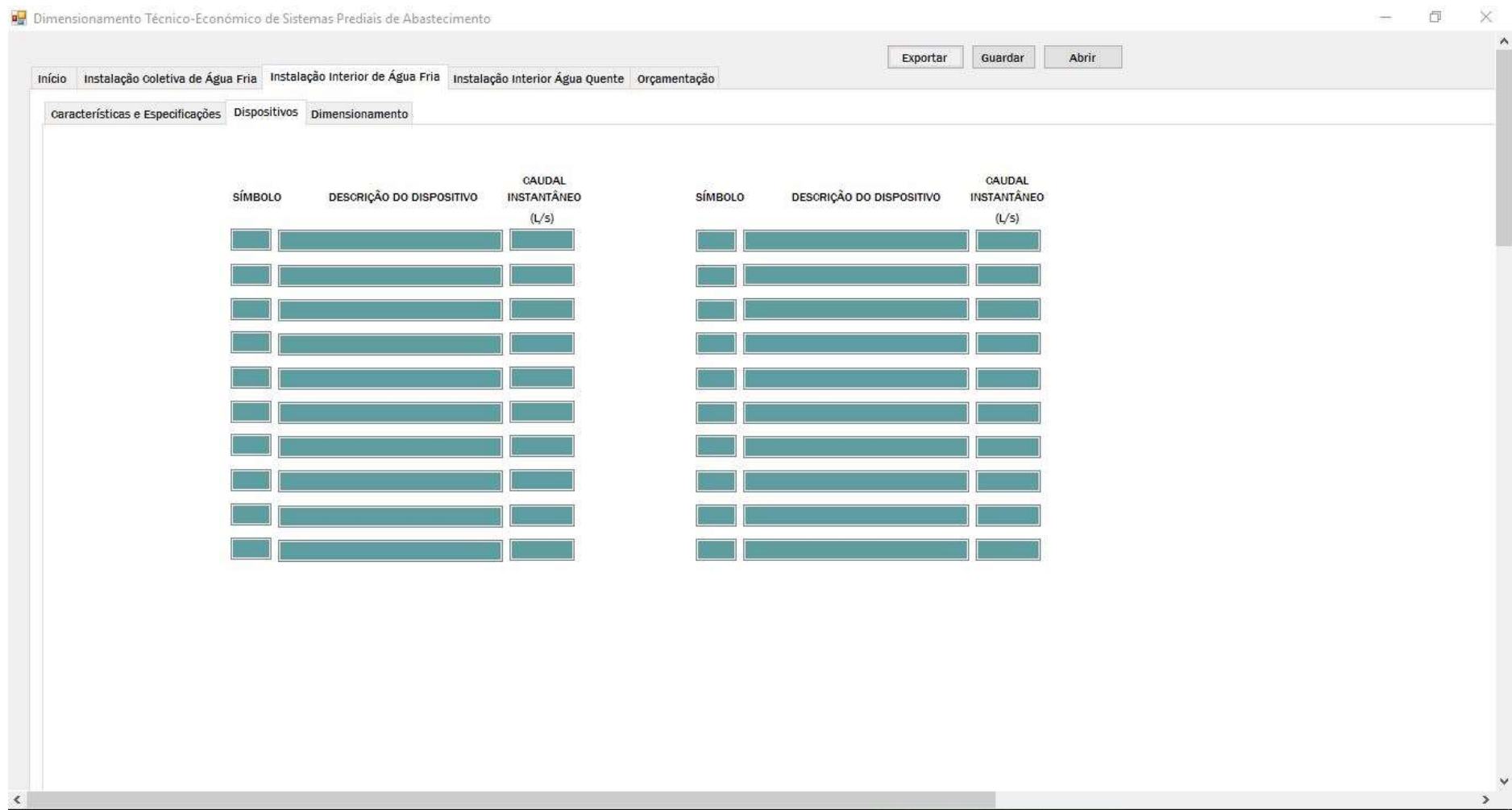


Figura AI 12 - Secção Instalação Interior de Água Fria – Subsecção Dispositivos

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Início Instalação Coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos Dimensionamento

Pressão de Abastecimento Interior (kPa) 300

Velocidade de Escoamento Admissível (m/s) 1,00

Pressão Mínima de Abastecimento (kPa) 400

Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa) 150

Nível de Conforto

Figura AI 15 - Secção Instalação Interior de Água Quente – Subsecção Características e Especificações

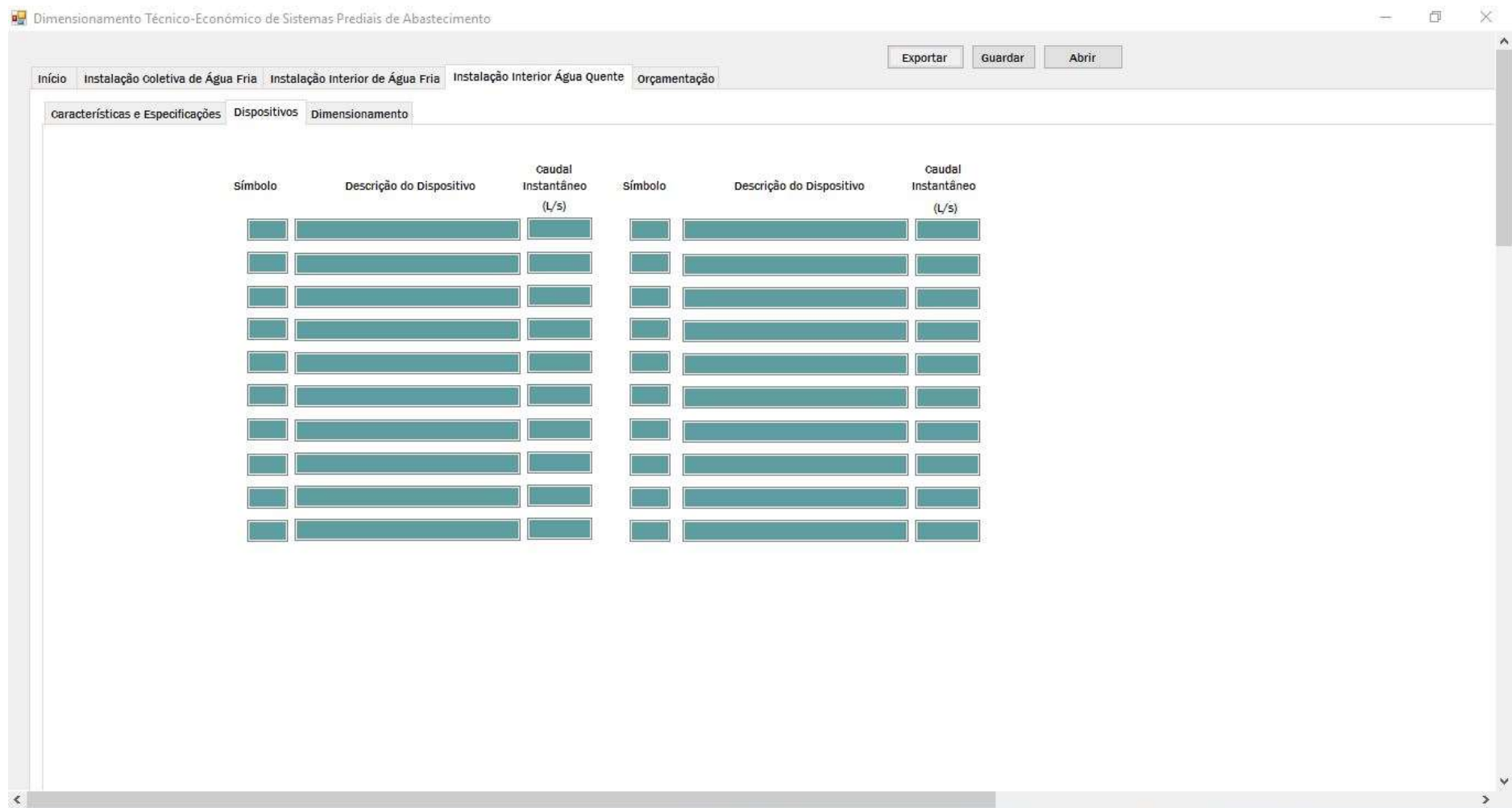


Figura AI 16 - Secção Instalação Interior de Água Quente – Subsecção Dispositivos

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Orçamentação

PREÇOS UNITÁRIOS OBTIDOS ATRAVÉS DO GERADOR DE PREÇOS CYPE

PREÇO UNITÁRIO DO TUBO - INSTALAÇÃO COLETIVA																	
DN (mm)	20	22	25	26	28	32	35	40	42	50	63	75	80	90	100	110	125
Aço Galvanizado	5,52 €	-	8,48 €	-	-	10,07 €	-	10,64 €	-	14,99 €	17,63 €	-	22,90 €	-	32,90 €	-	-
Cobre	-	7,28 €	-	-	9,71 €	-	12,83 €	-	15,73 €	-	-	-	-	-	-	-	-
PVC	-	-	7,44 €	-	-	10,37 €	-	15,95 €	-	24,53 €	31,90 €	54,90 €	-	73,69 €	-	103,87 €	-
PEX	1,99 €	-	3,51 €	-	-	6,70 €	-	8,93 €	-	13,60 €	22,37 €	33,12 €	-	47,68 €	-	67,67 €	-
PP	-	-	2,01 €	-	-	3,21 €	-	5,13 €	-	7,67 €	11,96 €	17,11 €	-	29,21 €	-	40,03 €	51,08 €
PEAD	3,48 €	-	-	6,03 €	-	8,39 €	-	15,02 €	-	18,39 €	26,38 €	45,96 €	-	-	-	-	-

PREÇO UNITÁRIO DO TUBO - INSTALAÇÃO INTERIOR																
DN (mm)	12	15	16	18	20	22	25	28	32	35	40	42	50	54	63	75
Aço Galvanizado	-	5,43 €	-	-	5,53 €	-	8,48 €	-	10,07 €	-	10,64 €	-	14,99 €	-	17,64 €	-
Aço Inoxidável	-	1,57 €	-	1,90 €	-	2,19 €	-	2,96 €	-	4,26 €	-	6,13 €	-	7,98 €	-	13,41 €
Cobre	4,30 €	4,82 €	-	6,08 €	-	7,28 €	-	9,71 €	-	12,83 €	-	15,73 €	-	23,89 €	44,00 €	51,47 €
PVC	-	-	-	-	-	-	7,44 €	-	10,37 €	-	15,95 €	-	24,53 €	-	31,89 €	54,90 €
PEX	-	-	1,62 €	-	1,99 €	-	3,51 €	-	6,70 €	-	8,94 €	-	13,60 €	-	22,03 €	33,13 €
PP	-	-	-	-	-	-	2,01 €	-	3,21 €	-	5,13 €	-	7,67 €	-	11,96 €	17,11 €
PEAD	-	-	2,45 €	-	3,48 €	-	6,04 €	-	8,39 €	-	15,02 €	-	18,39 €	-	26,38 €	45,95 €

Figura AI 20 - Secção Orçamentação (continuação)

ANEXO II – LISTA DE VARIÁVEIS UTILIZADAS NO PROGRAMA

Tabela AII 1 – Variáveis da Secção Instalação Coletiva de Água Fria

SECÇÃO	CONTEÚDO	NOME DO ELEMENTO	VARIÁVEL
INSTALAÇÃO COLETIVA DE ÁGUA FRIA	Caudal Instantâneo	txtCaudalInstantaneoColetivaAguaFria[1-20]	CAFQI[1-20]
	Número de dispositivos por tipologia	txtNDispositivosT[1-5]ColetivaAguaFria[1-20]	CAFNDT[1-5]_[1-20]
	Caudal Total por dispositivo	txtCaudalTotalT[1-5]ColetivaAguaFria[1-20]	CAFQTT[1-5]_[1-20]
	Caudal Total por tipologia	txtCAFQTotalT[1-5]	CAFQTotalT[1-5]
	Comprimento Real	txtCAFCCR[1-20]	CAFCCR[1-20]
	Número de Fogos por Tipologia	txtCAFNFT[1-]_[1-20]	CAFDT[1-5]_[1-20]
	Altura	txtCAFCA[1-20]	CAFCA[1-20]
	Perda de Carga Localizada	txtCAFCL[1-20]	CAFCL[1-20]
	Comprimento Equivalente	txtCAFCEQ[1-20]	CAFCEQ[1-20]
	Caudal Acumulado	txtCAFDAQ[1-20]	CAFQA[1-20]
	Caudal Cálculo	txtCAFQDC[1-20]	CAFQC[1-20]
	Diâmetro Calculado	txtCAFDDC[1-20]	CAFDC[1-20]
	Diâmetro Interior	txtCAFDDI[1-20]	CAFDDI[1-20]
	Diâmetro Exterior	txtCAFDDDE[1-20]	CAFDDDE[1-20]
	Velocidade Admissível	nupVelocidadeEscoamento	CAFVA[1-20]
	Pressão Inicial	txtCAFDPPI[1-20]	CAFPI[1-20]
	Pressão Final	txtCAFDPF[1-20]	CAFPF[1-20]
	Pressão Final Corrigida	txtCAFDPCC[1-20]	CAFPPC[1-20]
	Perda de Carga Unitária	txtCAFDPCCargaUnitaria[1-20]	CAFPCU[1-20]
	Perda de Carga Dinâmica	txtCAFDPCCargaDinamica[1-20]	CAFPCD[1-20]
Perda de Carga Total	txtCAFDPCCargaTotal[1-20]	CAFPCCT[1-20]	
Fator de Resistência	txtCAFRR[1-20]	CAFFR[1-20]	
Velocidade no Tramo	txtCAFVTramo[1-20]	CAFVF[1-20]	

Tabela AII 2 - Variáveis da Secção Instalação Interior de Água Fria

SECÇÃO	CONTEÚDO	NOME DO ELEMENTO	VARIÁVEL
INSTALAÇÃO INTERIOR DE ÁGUA FRIA	Caudal Instantâneo	txtIAFDTQInstantaneo[1-20]	IAFQI[1-20]
	Comprimento Real	txtIAFDCCReal[1-20]	IAFCR[1-20]
	Comprimento Equivalente	txtIAFDCEquivalente[1-20]	IAFCEQ[1-20]
	Caudal Acumulado	txtIAFDQAcumulado[1-20]	IAFQA[1-20]
	Caudal Cálculo	txtIAFDQCalculo[1-20]	IAFQC[1-20]
	Diâmetro Calculado	txtIAFDCCalculado[1-20]	IAFDC[1-20]
	Diâmetro Interior	txtIAFDDInterior[1-20]	IAFDDI[1-20]
	Diâmetro Exterior	txtIAFDDEterior[1-20]	IAFDDE[1-20]
	Velocidade Admissível	nupIAFVelocidade[1-20]	IAFVA[1-20]
	Número de dispositivos no tramo	txtIAFDD[1-20]_[1-20]	IAFDD[1-20]_[1-20]
	Pressão Inicial	txtIAFDPIncial[1-20]	IAFPI[1-20]
	Pressão Final	txtIAFDPFinal[1-20]	IAFPF[1-20]
	Pressão Final Corrigida	txtIAFDPCorrigida[1-20]	IAFPFC[1-20]
	Fator de Resistência	txtIAFFR[1-20]	IAFFR[1-20]
	Perda de Carga Unitária	txtIAFDPCUnitaria[1-20]	IAFPCU[1-20]
	Perda de Carga Dinâmica	txtIAFDPCDinamica[1-20]	IAFPCD[1-20]
Perda de Carga Total	txtIAFDPCTotal[1-20]	IAFPCT[1-20]	
Velocidade no Tramo	txtIAFVTramo[1-20]	IAFVF[1-20]	

Tabela AII 3 - Variáveis da Secção Instalação Interior de Água Quente

SECÇÃO	CONTEÚDO	NOME DO ELEMENTO	VARIÁVEL
INSTALAÇÃO INTERIOR DE ÁGUA QUENTE	Caudal Instantâneo	txtIAQDTQInstantaneo[1-20]	IAQQI[1-20]
	Comprimento Real	txtIAQDCReal[1-20]	IAQCR[1-20]
	Comprimento Equivalente	txtIAQDCEquivalente[1-20]	IAQCEQ[1-20]
	Caudal Acumulado	txtIAQDQAcumulado[1-20]	IAQQA[1-20]
	Caudal Cálculo	txtIAQDQCalculo[1-20]	IAQQC[1-20]
	Diâmetro Calculado	txtIAQDDCalculado[1-20]	IAQDC[1-20]
	Diâmetro Interior	txtIAQDDInterior[1-20]	IAQDDI[1-20]
	Diâmetro Exterior	txtIAQDDEterior[1-20]	IAQDDE[1-20]
	Velocidade Admissível	nupIAQVelocidadeAdmissivel[1-20]	IAQVA[1-20]
	Número de dispositivos no tramo	txtIAQDD[1-20]_[1-20]	IAQDD[1-20]_[1-20]
	Pressão Inicial	txtIAQDPInicial[1-20]	IAQPI[1-20]
	Pressão Final	txtIAQDPFinal[1-20]	IAQPF[1-20]
	Pressão Final Corrigida	txtIAQDPCorrigida[1-20]	IAQPFC[1-20]
	Perda de Carga Unitária	txtIAQPCUnitaria[1-20]	IAQPCU[1-20]
	Perda de Carga Dinâmica	txtIAQPCDinamica[1-20]	IAQPCD[1-20]
	Perda de Carga Total	txtIAQPCTotal[1-20]	IAQPCT[1-20]
Fator de Resistência	txtIAQFR[1-20]	IAQFR[1-20]	
Velocidade no Tramo	txtIAQVTramo[1-20]	IAQVF[1-20]	

ANEXO III – EXEMPLO PRÁTICO ATRAVÉS DO PROGRAMA DE CÁLCULO

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Características e Especificações Dispositivos e Tipologias Dimensionamento

Fórmula de Dimensionamento: Flamant

Tipo de Material: Aço Galvanizado

Fator de Rugosidade: 0,00023

Pressão Mínima na Rede (kPa): 400

Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa): 150

Velocidade de Escoamento Admissível (m/s): 1,50

Nível de Conforto: Médio

Figura AIII. 1 – Secção Instalação Coletiva de Água Fria– Características e Especificações – Exemplo prático

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Características e Especificações Dispositivos e Tipologias Dimensionamento

Símbolo	Descrição de Dispositivo	Caudal Instantâneo (L/s)	Tipologia 1		Tipologia 2		Tipologia 3		Tipologia 4		Tipologia 5	
			Nº Dispositivos	Caudal Total (L/s)	Nº Dispositivos	Caudal Total (L/s)	Nº Dispositivos	Caudal Total (L/s)	Nº Dispositivos	Caudal Total (L/s)	Nº Dispositivos	Caudal Total (L/s)
Re	Boca de rega ou lavagem	0,3	2	0,6		0		0		0		0
Mr	Máquina lavar roupa	0,2	2	0,4	2	0,4	1	0,2		0		0
Ml	Máquina lavar louça	0,15	2	0,3	2	0,3	1	0,15		0		0
Li	Pia lava-louça simples	0,2	4	0,8	4	0,8	2	0,4		0		0
Lv	Lavatório individual simples	0,1	12	1,2	12	1,2	6	0,6		0		0
Br	Autoclimso bacia de retrete	0,1	6	0,6	6	0,6	3	0,3		0		0
Bd	Bidé simples	0,1	8	0,8	8	0,8	4	0,4		0		0
Ba	Banheira Simples	0,25	8	2	8	2	4	1		0		0

Figura AIII. 2 - Secção Instalação Coletiva de Água Fria– Dispositivos e Tipologias – Exemplo prático

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Exportar Guardar Abrir

Instalação Coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos e Tipologias Dimensionamento

IDENTIFICAÇÃO DOS TRAMOS			TIPOLOGIAS E Nº DE FOGOS					COMPRIMENTO DOS TRAMOS				CAUDAL		DIÂMETRO NORMALIZADO			PRESSÕES INSTALADAS			FATOR DE RESISTÊNCIA	PERDAS DE CARGA			VELOCIDADE	
Nº	Início	Fim	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	Real (m)	Altura (m)	Local (m)	Equivalente (m)	ACUMULADO (L/s)	CÁLCULO (L/s)	Calculado (mm)	Interior (mm)	Exterior (mm)	Inicial (kPa)	Final (kPa)	Corrigida (kPa)	Unitária (kPa/m)	Dinâmica (kPa)	Total (kPa)	Tramo (m/s)	Verificação	
A	B		1					4			4,8	6,7	1,449692	35,0894	41,9	48,4	400	399,745	399,745	0,08207	0,05297	0,25429	0,25429	1,05137	Conforme
B	C			1				0,8			0,96	6,1	1,378543	34,2175	41,9	48,4	400	399,953	399,953	0,08207	0,04851	0,04657	0,04657	0,99977	Conforme
C	C'				1							3,05	0,969823	28,7002	36	42,4	400	400	400	0,09660	0,05390	0	0	0,95279	Conforme

Figura AIII. 3 - Secção Instalação Coletiva de Água Fria– Dimensionamento – Exemplo prático

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

Início Instalação coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos Dimensionamento

Pressão de Abastecimento Interior (kPa) 300

Velocidade de Escoamento Admissível (m/s) 1,00

Pressão Mínima de Abastecimento (kPa) 400

Pressão Mínima nos Dispositivos (kPa) 150

Nível de conforto Médio

Figura AIII. 4 - Secção Instalação Interior– Características e Especificações – Exemplo prático

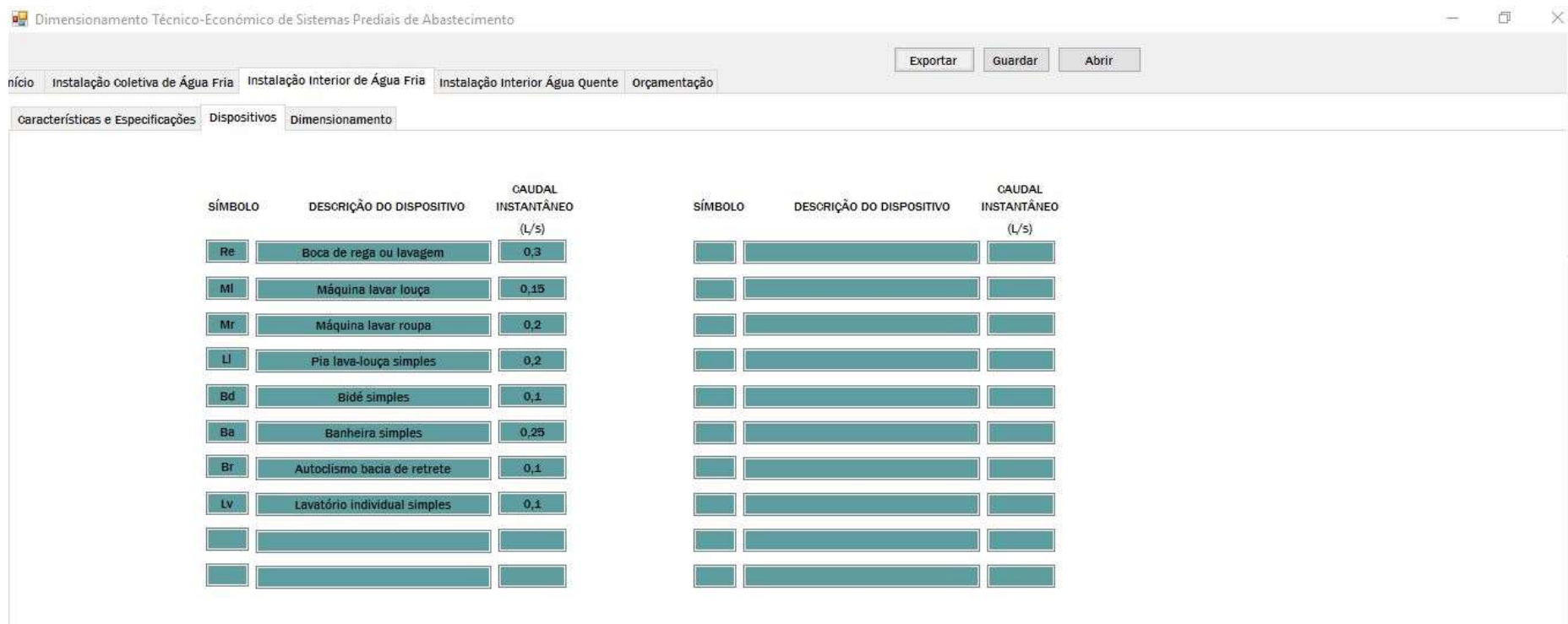


Figura AIII. 5 - Secção Instalação Interior– Dispositivos – Exemplo prático

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

nício Instalação coletiva de Água Fria Instalação Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Características e Especificações Dispositivos Dimensionamento

IDENTIFICAÇÃO DOS TRAMOS		DISPOSITIVOS												COMPRIMENTO DOS TRAMOS				CAUDAL ACUMULADO	CAUDAL CÁLCULO	DIÂMETRO NORMALIZADO			PRESSÕES INSTALADAS			FATOR DE RESISTÊNCIA		PERDAS			
Nº	Início	Fim	Re	Ml	Mr	Ll	Bd	Ba	Br	Lv							Real (m)	Altura (m)	Local (m)	Equivalente (m)	(L/s)	(L/s)	Calculado (mm)	Interior (mm)	Exterior (mm)	Inicial (kPa)	Final (kPa)	Corrigida (kPa)	Unitária (kPa/m)	Din (kPa/m)	
	C	D	1	1	2	4	4	3	6								12			14,4	3,05	0,969823	35,1504	41,9	48,4	399,953	399,575	399,575	0,131206	0,02621	0,0
	D	E	1	1	2	4	4	3	6								9,5			11,4	3,05	0,969823	35,1504	41,9	48,4	399,575	399,276	399,276	0,131206	0,02621	0,0
	E	F			4	4	2	4									3			3,6	2	0,780812	31,5397	36	42,4	399,276	399,143	399,143	0,161606	0,03688	0,0
	F	G			3	3	1	3									1			1,2	1,45	0,661915	29,0392	36	42,4	399,143	399,109	399,109	0,161606	0,02762	0,0
	G	H			1	1	1	1									5			6	0,55	0,402283	22,6386	27,3	33,7	399,109	398,850	398,850	0,252618	0,04300	0,0
	H	I			1	1	1										3			3,6	0,45	0,362880	21,5013	27,3	33,7	398,850	398,720	398,720	0,252618	0,03590	0,0
	I	J			1	1											2,5			3	0,2	0,239247	17,4585	21,7	26,9	398,720	398,565	398,565	0,402422	0,05154	0,0
	J	L						1									0,6			0,72	0,1	0,167574	14,6112	16,1	21,3	398,565	398,482	398,482	0,926186	0,11410	0,0

Figura AIII. 6 - Secção Instalação Interior– Dimensionamento – Exemplo prático

Dimensionamento Técnico-Económico de Sistemas Prediais de Abastecimento

io Interior de Água Fria Instalação Interior Água Quente Orçamentação

Dimensionamento

DISPOSITIVOS	COMPRIMENTO DOS TRAMOS				CAUDAL ACUMULADO (L/s)	CAUDAL CÁLCULO (L/s)	DIÂMETRO NORMALIZADO			PRESSÕES INSTALADAS			FATOR DE RESISTÊNCIA	PERDAS DE CARGA			VELOCIDADE	
	Lv	Real (m)	Altura (m)	Local Equivalente (m)			calculado (mm)	Interior (mm)	Exterior (mm)	Inicial (kPa)	Final (kPa)	Orrigida (kPa)		Unitária (kPa/m)	Dinâmica (kPa)	Total (kPa)	Velocidade Tramo (m/s)	Verificação
6		12		14,4	3,05	0,969823	35,1504	41,9	48,4	399,953	399,575	399,575	0,131206	0,02621	0,37751	0,37751	0,70335	conforme
6		9,5		11,4	3,05	0,969823	35,1504	41,9	48,4	399,575	399,276	399,276	0,131206	0,02621	0,29886	0,29886	0,70335	conforme
4		3		3,6	2	0,780812	31,5397	36	42,4	399,276	399,143	399,143	0,161606	0,03688	0,13280	0,13280	0,76710	conforme
3		1		1,2	1,45	0,661915	29,0392	36	42,4	399,143	399,109	399,109	0,161606	0,02762	0,03315	0,03399	0,65029	conforme
1		5		6	0,55	0,402283	22,6386	27,3	33,7	399,109	398,850	398,850	0,252618	0,04300	0,25804	0,25804	0,68725	conforme
		3		3,6	0,45	0,362880	21,5013	27,3	33,7	398,850	398,720	398,720	0,252618	0,03590	0,12926	0,12926	0,61993	conforme
		2,5		3	0,2	0,239247	17,4585	21,7	26,9	398,720	398,565	398,565	0,402422	0,05154	0,15463	0,15463	0,64690	conforme
		0,6		0,72	0,1	0,167574	14,6112	16,1	21,3	398,565	398,482	398,482	0,926186	0,11410	0,08215	0,08215	0,82312	conforme

Figura AIII. 7 - Secção Instalação Interior– Dimensionamento – Exemplo prático (continuação)