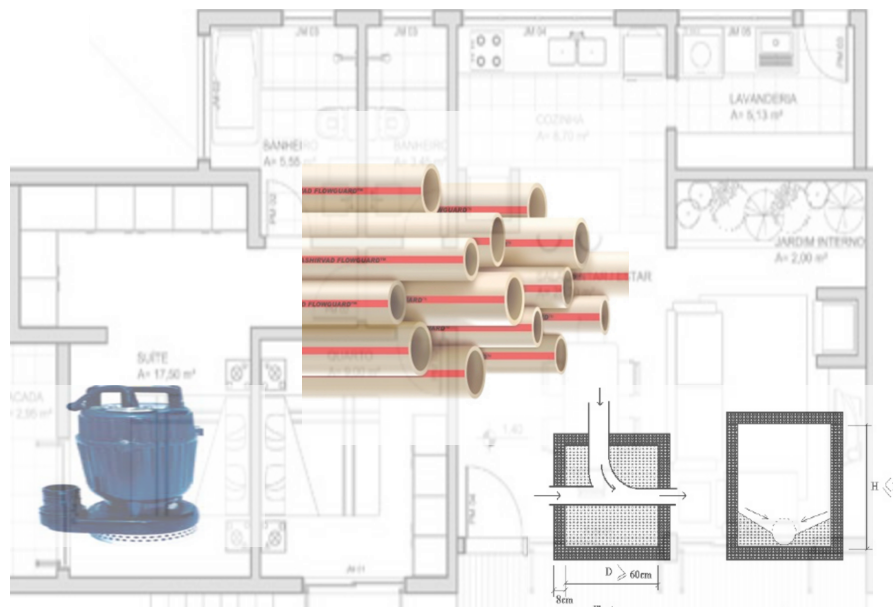




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**

**ISEL**



## **Dimensionamento de Redes Hidráulicas Prediais**

**João Augusto Delgado Guerra**

**Licenciado em Engenharia Civil**

**Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de Especialização em Edificações**

**Orientadores:**

**Eng.º Luís Filipe Almeida Mendes (ISEL)**

**Eng.º António Manuel da Cunha Monteiro (A400)**

**Júri:**

**Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos, Prof. Coordenador (ISEL)**

**Vogais:**

**Eng.º Luís Vaz Tecedeiro, Prof. Adjunto (ISEL)**

**Eng.º Luís Filipe Almeida Mendes (ISEL)**

**Setembro de 2011**



## Resumo

Este trabalho é o resultado da minha experiência enquanto estagiário no âmbito da conclusão do meu mestrado em Engenharia Civil – ramo Edificações. Durante um período de 6 meses – 1 de Março a 31 de Agosto de 2011, fui parte integrante da equipa do Departamento de Hidráulica da Empresa *A400- Projectistas e Consultores de Engenharia Lda.*, especializada em projectos nas mais diversas áreas da construção civil.

Numa primeira parte desta exposição teórica, procurei descrever de forma sucinta mas abrangente o “modus operandi” da *A400*, bem como os seus valores e impacto no mercado internacional. Nesta acepção, centrei-me sobretudo no contributo do Departamento de Hidráulica, com todas as suas especificações e métodos de trabalho, visto que, por motivos já anteriormente mencionados, foi onde desempenhei um papel activo e interventivo nos vários projectos abordados ao longo destes seis meses.

Este trabalho resulta assim de uma análise e abordagem detalhadas, retiradas da minha experiência enquanto participante em dois projectos de destaque - a construção de uma Clínica, no Soyo – Angola, e a Creche da Associação de Moradores de Massarelos, no Porto. Em ambos os projectos, procurei não apenas descrevê-los na sua generalidade, como evidenciar as principais dificuldades encontradas na sua concepção bem como as respectivas soluções adoptadas para as suprir.

No decorrer da análise detalhada a estes dois projectos, pude desenvolver um trabalho de cálculo inerente, no qual contribuí com a dinamização das ferramentas dadas pela empresa através do aperfeiçoamento das folhas de cálculo e opinando sobre métodos de trabalho e soluções inovadoras de desenho. Daqui resultaram melhorias significativas ao nível do desempenho dos colaboradores, visto que permitiram uma melhor interpretação e minimização dos erros de cálculo.

## Palavras-Chave

- Hidráulica predial;
- Rede de abastecimento de água;
- Redes de drenagem;
- Rede de combate a incêndio;

## Abstract

The present report has been elaborated as a result of my experience as a trainee, carried out for purpose of completion of my masters in Civil Engineering, specializing in Building Industry. Such internship had a duration period of six months (1<sup>st</sup> of March – 31<sup>ST</sup> of August 2011), during which I was part of the of the Hydraulic Engineering and Management Department team, within the Company A400-Engineering Consultants Ltd, that specializes in various areas of civil construction.

As an introductory part of this theoretical *exposé*, I have attempted to describe in a concise, yet explanatory manner, the *modus operandi* of the A400, as well as its values and economic impact within the international market. I have therefore focused mainly on the contribution put forth by the Hydraulics Department, underlining its specifications and working methods, as, due to formerly declared reasons, it was as part of said department, that I played an active and interventionist role within various projects, discussed throughout the six month period.

This report is thus an approach and detailed analysis, drawn from my experiences as a participant within two main projects – both the construction of the Clinic in *Soyo, Angola*, and of the Nursery belonging to the Association of residents in *Massarelos, Porto*. For both projects, I provided a widespread description, whilst also attempting to delineate paramount difficulties encountered in their original design, and consequently, provided solutions for such problems.

Through means of a detailed analysis of these two projects, I was able to develop an inherent work of calculus, thus contributing to the revitalization of instruments already provided by the Company. Such dynamization was carried out through the perfecting of spreadsheets, and through constructive criticism to the Company's working methods, whilst providing innovating solutions for original designs. Subsequent to my participation, significant improvements became visible in the performance of employees, as it allowed a clearer interpretation of calculus, thus minimizing possible errors deriving from it.

## Keywords

- hydraulic building systems;
- water supply;
- waste water drainage
- water fire fighting;

## Agradecimentos

Este relatório de estágio conclui mais uma etapa importante da minha vida, a passagem para a vida activa, a desempenhar funções desde sempre desejadas e pelas quais lutei durante os anos de estudante.

Chegado a este ponto, tenho inevitavelmente de referir os meus grandes apoios e efectuar os respectivos agradecimentos.

Ao Engenheiro Luís Mendes, agradeço o facto de prontamente ter aceite o convite para orientar este trabalho, bem como a sua inteira disponibilidade e por todos os ensinamentos transmitidos durante o decorrer do curso.

Aos administradores da A400, os Engenheiros António Monteiro, Marco Baptista e Francisco Bernardo, a oportunidade de poder estagiar numa empresa de grande prestígio e em franco crescimento, e por terem sempre apostado em mim dando-me todas as condições de trabalho e tempo para escrever este relatório.

Agradeço também a oportunidade que me foi concedida ao trabalhar no departamento de Hidráulica ao lado de pessoas experientes como o Arnaldo, a Sílvia, a Virgínia, a Olga e a Tânia. Aos desenhadores, que tanto me ajudaram, a Carina, o Carlos e a Elisa, não esquecendo todos os outros colaboradores da A400 pela excelente recepção, integração e transmissão de conhecimentos.

Ao Arquitecto António Monteiro, por todo apoio cedido, profissional e pessoal, que me guiou e aconselhou em várias decisões importantes tomadas na minha vida.

Aos meus colegas de carteiras que tantas ideias trocámos para que os nossos trabalhos chegassem a bom porto.

Deixo aqui também o meu muito obrigado aos meus pais, pelo incentivo e apoio incansáveis e por terem acreditado sempre em mim e neste trabalho.

Finalmente, agradeço à Marta, pelo apoio incondicional ao longo desta etapa e de todas as outras para chegar a este fim, por todo o tempo despendido em revisões de texto e por estar sempre ao meu lado.

## Índice Geral

Resumo .....	ii
Palavras-Chave .....	iii
Abstract.....	iv
Keywords.....	v
Agradecimentos.....	vi
Índice Geral.....	vii
Capítulo 1: Introdução .....	1
Capítulo 2: Descrição, valores e peso da A400 no mercado.....	2
Descrição.....	2
Colaboradores .....	3
Obras mais Importantes.....	4
Capítulo 3: Funcionamento do departamento onde estou inserido .....	6
Generalidades .....	6
Rede de abastecimento de águas frias e quentes.....	11
Peças desenhadas.....	11
Peças Escritas .....	13
Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas.....	15
Peças Desenhadas.....	15
Peças escritas.....	17
Rede de Drenagem de Águas Pluviais .....	17
Peças desenhadas.....	17
Peças escritas.....	18
Rede de Incêndio .....	19
Peças desenhadas.....	19
Peças escritas.....	20
Folhas de cálculo .....	21
Dimensionamento da Rede de Abastecimento de Águas Fria e Quente .....	21
Tabelas de Dimensionamento da Rede de Combate a Incêndio .....	31
Dimensionamento da Rede de Drenagem de Águas Residuais Domesticas .....	32
Dimensionamento da Rede de Drenagem de Águas Pluviais.....	40

Capítulo 4: Descrição de alguns projectos .....	46
Soyo – Clínica.....	47
Zona técnica.....	47
Dimensionamento de Depósitos de abastecimento de água. ....	48
Sistema de tratamento de água .....	50
Redes prediais.....	54
Capítulo 5: Conclusões .....	73
Bibliografia.....	74
Anexos .....	75

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Recursos Humanos da A400.....	4
Tabela 2 – resumo de Documentos .....	20
Tabela 3 - Caudais Unitários dos aparelhos .....	22
Tabela 4 -tabela de cálculo de caudal de cálculo para os vários níveis de conforto....	23
Tabela 5 - Número de fluxómetros em utilização simultânea.....	25
Tabela 6- Compatibilidade de Material.....	30
Tabela 7 - Tabela de diâmetros de Aço Galvanizado .....	32
Tabela 8 - Caudais Unitários dos aparelhos a drenar .....	33
Tabela 9 - Taxas de ocupação .....	34
Tabela 10 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de Queda.....	35
Tabela 11 - Precipitação por zona.....	41
Tabela 12 - Coeficientes de Escoamento.....	42

## Índice de Figuras

Fig: 2 - Organograma funcional da A400 .....	4
Fig. 3 - GPS.....	7
Fig. 3 - Separador de Hidrocarbonetos .....	18
Fig. 4 - Botões de Opção.....	21
Fig. 5 - Tabela de dimensionamento da Rede de Água Fria.....	22
Fig. 6 - Tabela de Dimensionamento de Água Quente .....	29

Fig: 7 - Tabela de Dimensionamento da Rede de Combate a Incêndio.....	31
Fig: 8 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de queda .....	32
Fig: 9 - Ábaco de Dimensionamento de Tubos de Queda .....	35
Fig: 10 - Tabela de dimensionamento de colectores.....	36
Fig: 11 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de queda .....	40
Fig: 12 - tabela de Dimensionamento de Colectores .....	43
Fig: 13 - Planta sem escala da Zona Técnica .....	48
Fig: 14 - Legenda da Zona Técnica.....	49
Fig: 15 - Esquema de funcionamento das bombas de tratamento de água.....	53
Fig: 16 - Tabelas demonstrativas de dimensionamento da rede de água.....	55
Fig: 17 - Esquema de funcionamento das bombas de abastecimento de água potável .....	56
Fig: 18 - Planta do Piso 3 com representação da Rede de Abastecimento de Água Fria e Quente.....	57
Fig: 19 - Pormenor da Rede de Abastecimento no Piso 3 .....	57
Fig: 21 - Pormenor da Courete atrás do poço do elevador .....	58
Fig: 21 -Tabelas demonstrativas de dimensionamento da rede de incêndio .....	59
Fig: 22 - Planta do Piso 1 e 2 com traçado da Rede De Combate a Incêndio .....	60
Fig: 23 - Curva característica da bomba tipo Jockey .....	61
Fig: 24 – excerto da planta do piso 3, com identificação dos ramais individuais e colectivos.....	63
Fig: 25 - Excerto da planta do tecto do piso 2, com ligações ao colector suspenso ....	63
Fig: 26 - Tabela de Dimensionamento de tubos de queda.....	64
Fig: 27 - Tabela de Dimensionamento de Colectores .....	65
Fig: 28 - Localização de algumas caixas de visita com ligação à ETAR.....	66
Fig: 29 - Planta da Zona de Tratamento de Águas Residuais.....	69
Fig: 30 - Tabela demonstrativa de dimensionamento de tubos de queda e Trop-Pleins .....	70
Fig: 31 - Tabela demonstrativa de dimensionamento de colectores suspensos e enterrados .....	71
Fig: 32- Zona técnica exterior e localização do separador de hidrocarbonetos .....	72

## Capítulo 1: Introdução

A realização deste estágio, numa empresa de Projecto e Consultadoria de Engenharia, é o resultado de uma oportunidade que me foi criada por vários intervenientes, já previamente mencionados nos meus *Agradecimentos*, e que teve como principal intuito a concretização do meu percurso académico, Licenciatura e Mestrado, na área de Engenharia Civil.

Um dos grandes objectivos da realização de um estágio é a aproximação gradual e sólida do mercado de trabalho. Este é um veículo fundamental para a aquisição de uma maior experiência e percepção do modo de funcionamento desta nova realidade para um recém-licenciado.

Apesar da base Académica ser, Ramo de Edificações, com uma maior vocação para a vertente “de Obra”, estagiar num gabinete de projectos revelou-se muito enriquecedor, pois possibilitou-me a aquisição e consolidação dos conteúdos mais teóricos, indispensáveis para a minha formação e concretização universitária, que estão na génese da “pré-execução” de qualquer obra.

Este relatório reflecte assim a minha experiência no Departamento de Hidráulica da Empresa *A400 – Projectistas e Consultores de Engenharia*.

O presente documento, em traços gerais, vai estar dividido em 5 Capítulos:

- Capítulo 1: Resumo, agradecimentos e introdução;
- Capítulo 2: Descrição, valores e peso da A400 no mercado;
- Capítulo 3: Funcionamento do departamento onde estou inserido;
- Capítulo 4: Descrição de alguns projectos nos quais participei;
- Capítulo 5: Conclusões e impacto desta nova experiência na minha vida.

## Capítulo 2: Descrição, valores e peso da A400 no mercado

### Descrição



Fig: 1 - Logótipo da Empresa

A Empresa *A400-Projectistas e Consultores de Engenharia Civil, Lda.*, está sediada na cidade do Porto e foi fundada em 1995 pelos actuais sócios gerentes, os Engenheiros António Manuel da Cunha Monteiro, Francisco José Pires Morgado Bernardo e Marco António Costa Lima Baptista.

Neste momento encontra-se em franca expansão, com a abertura de sucursais em Angola, Moçambique e Brasil. A *A400* faz parte de um restrito grupo de Pequenas e Médias Empresas líder (PME's líder) bem com de uma organização que promove o '*Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE*'. A empresa está certificada na NP EN ISO 9001:2008 bem como

A empresa presta serviços em áreas relacionadas com o projecto de obras de Engenharia Civil, nomeadamente:

- Projectos de Estruturas e Fundações;
- Projectos de Hidráulica Predial;
- Projectos de Abastecimento de Gás;

- Projectos de Térmica e Acústica;
- Projectos de Electricidade e Telecomunicações;
- Projectos de Infra-Estruturas;
- Projectos de Vias de Comunicação;
- Coordenação de Execução de Projectos, especialidades e preparação de documentos para concurso;
- Medições e estimativas de custo;
- Análise e comparação de propostas;
- Avaliações técnicas;

## Colaboradores

A *A400 – Projectistas e Consultores de Engenharia Civil, Lda.*, valoriza as políticas ao nível da selecção e recrutamento de pessoal, apostando em recursos humanos especializados nas áreas da engenharia civil, mecânica e electrotécnica.

Toda a equipa técnica da *A400* está assente na premissa de um desenvolvimento constante através da partilha de conhecimentos e discussão de pontos particulares das várias obras em estudo. Grande parte do conhecimento ministrado provém dos engenheiros mais experientes, bem como da inevitável diversidade emergente de um grupo de trabalho composto por técnicos especializados em áreas distintas, que vão desde as estruturas metálicas e de pré fabricação, às pontes e estruturas especiais tais como as *Etar's* e os parques foto voltaicos.

Actualmente, os colaboradores da empresa encontram-se distribuídos de acordo com a seguinte Tabela 1:

Tabela 1 – Recursos Humanos da A400

Categoria	Número
Administradores	3
Projectistas	26
Desenhadores	12
Secretárias	2
Medidor Orçamentista	1
Assessor Financeiro	1

Na Fig. 1. Apresenta-se o organograma funcional da empresa.

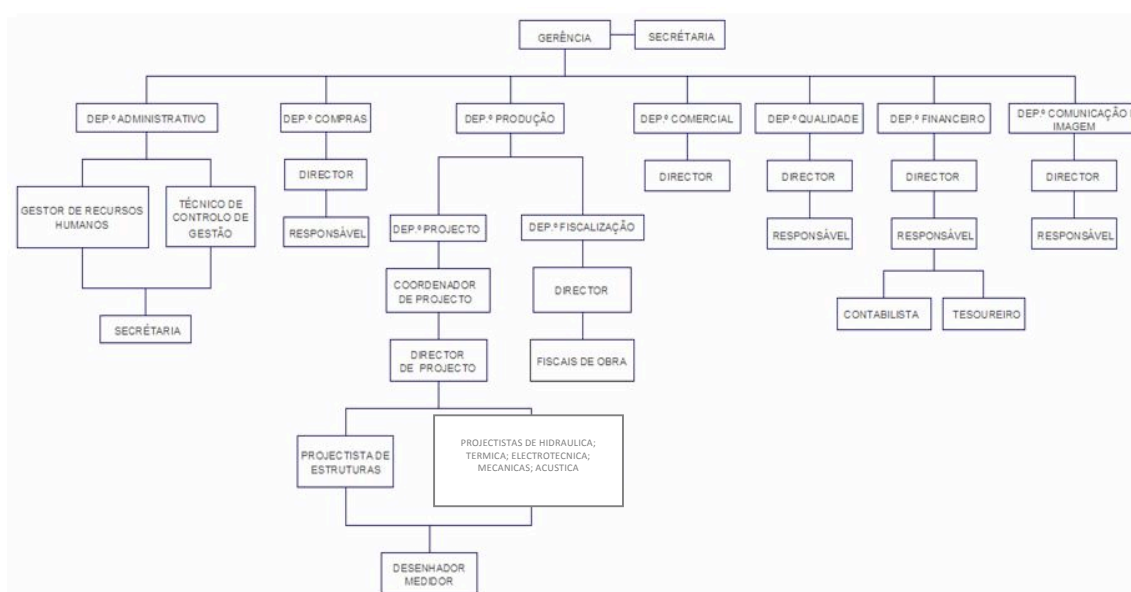


Fig: 1 - Organograma funcional da A400

## Obras mais Importantes

Vão ser enumeradas algumas obras de relevância nacional e internacional projectadas pela A400:

- **Piscinas Municipais da Sr.ª da Hora.** Projecto de Estruturas e Fundações, Contenção Periférica, Instalações Hidráulicas, Eléctricas e Mecânicas, 2004.
- **Nova Centralidade de Guifões, Piscina – Pavilhão.** Projecto de Estruturas e

- Fundações, Contenção Periférica, Instalações Hidráulicas, Eléctricas e Mecânicas, 2005.
- **Unidade de Serviços de Saúde e Unidade Hoteleira de Coimbra.** Projectos de Estruturas, Fundações, Contenção Periférica e Infra-Estruturas Hidráulicas, 2008.
- **Polis de Lagos** – Projecto de Instalações Hidráulicas, Eléctricas e Rodoviárias da Requalificação da Frente Ribeirinha, 2004.
- **Complexo Habitacional e Hoteleiro Monte Santos** – Projecto de Instalações Hidráulicas, Eléctricas e Rodoviárias relativos ao loteamento urbano de um empreendimento turístico em Sintra.
- **ATR123 Portimão.** Projecto de Instalações Hidráulicas, Eléctricas e Rodoviárias do loteamento habitacional, 2008.
- **Sintra Golf & Country Club – Hotel de Apartamentos.** Projectos de Infra - Estruturas Hidráulicas, Eléctricas e Rodoviárias do Loteamento. Projectos de Estruturas, Fundações, Contenção Periférica, Infra-Estruturas Hidráulicas, Eléctricas e Mecânicas dos Edifícios.
- **Centro Geriátrico / Cuidados Continuados – Vila Real de Santo António.** Projecto de Segurança contra Incêndios. 2009

## Capítulo 3: Funcionamento do departamento onde estou inserido

### Generalidades

O departamento de hidráulica é constituído por 5 engenheiros projectistas e 3 desenhadores.

Os projectos são encaminhados do exterior para os Directores de Projectos e estes por sua vez delegam, supervisionam e auxiliam na elaboração dos mesmos, bem como na garantia de cumprimento de prazos.

Cada funcionário tem reservado um local de trabalho apetrechado com todos os equipamentos e acessibilidades necessárias ao desempenho das suas funções. Ao nível de programas informáticos, todos os computadores estão equipados com software indispensável para esta área departamental, tal como Microsoft Office, *AutoCAD* e *WinCAPS- Grundfus*, este último para o dimensionamento de grupos de bombagem.

Existe também um outro tipo de software, na área da gestão de processos, que foi concebido por um dos elementos da empresa - *GPS- "Gestão de Projectos Sincronizados"*(Fig. 2). Este programa é um aplicativo com ligação ao servidor, de pesquisa e registo de actividades. Nele é possível encontrar todas as obras realizadas pela empresa bem como toda a informação relacionada com cada projecto, tal como e-mails, faxes e correspondência digitalizada. Trata-se de uma ferramenta muito útil na partilha e registo de informações entre especialidades, salvaguardando comunicações e decisões de cada projecto.

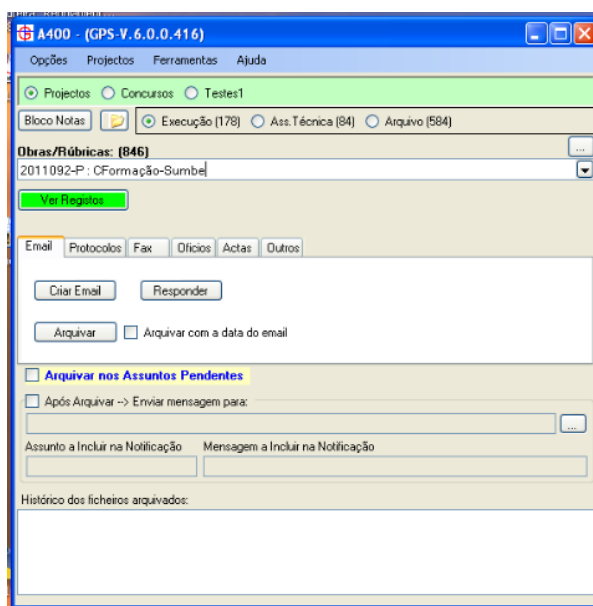


Fig. 2 - GPS

Os projectos a serem executados são fornecidos através de um código interno, seguindo todas as directrizes do Manual de Qualidade implementado pela empresa.

A organização e identificação dos ficheiros é feita da seguinte forma:

FLH.2011076-P.00.HPR.RAA.00.000.PRL.00

1      2      3   4      5   6      7   8   9

A identificação dos documentos é feita através da seguinte descrição:

- 1 – Tipo de ficheiro:
  - DES - Desenho
  - ROS - Rosto
  - TER - Termo de Responsabilidade
  - MDJ - Memória Descritiva e Justificativa
  - MDE - Memória Descritiva

- EST - Estimativa Orçamental
  - CEN - Condições Técnicas
  - MTQ - Mapa de Trabalhos e Quantidades
  - ORC - Orçamento
  - LPD - Lista de Peças Desenhadas
  - MED - Medições Detalhadas
  - FLH - Folhas de Cálculo
  - LPE - Lista de Peças Escritas
- 2 - Número de processo;
  - 3 - Número do lote;
  - 4 – Especialidade: predial (HPR), ou pública (HPU);
  - 5 – Sub- especialidade - abastecimento de água (RAA), rede de Incêndio (ICI), drenagem de água residual (DAR) e pluvial (DAP);
  - 6 - Tipo de desenho - por exemplo se é pormenor ou traçado. Nas peças escritas faz referência a um desenho em concreto;
  - 7 - Número de desenho ou do documento;
  - 8 - Fase do Projecto:
    - PPR – Programa Preliminar
    - PBA – Programa Base
    - ESP – Estudo Prévio
    - PRL – Processo de Licenciamento
    - PRC – Processo de Concurso
    - PRE – Projecto de Execução

Inicialmente é feito um “briefing” do projecto em questão abordando diversos conteúdos, tais como prazos, tipo de cliente, local da obra, contactos de outros intervenientes e quais as entidades relacionadas com este trabalho.

O projecto entregue é normalmente constituído por duas peças: peças desenhadas e peças escritas. As peças desenhadas são constituídas por uma base de arquitectura e as peças escritas são constituídas por um documento escrito pelo arquitecto com especificações de índole arquitectónica e informações não contidas nas primeiras. Existe também um “Checklist” elaborado pela *A400* feito de perguntas relacionadas com todas as especialidades para que o máximo de informação seja recolhido na fase inicial do projecto.

Após a abordagem inicial, o processo está então na mão do projectista. Este reúne-se com um desenhador disponível para partilhar a informação previamente fornecida e traça as directrizes para o tratamento das peças desenhadas.

O desenhador, por sua vez, trata então as peças desenhadas, normalmente plantas, cortes e alçados. Este tratamento passa pela criação de um ficheiro em *AutoCAD* com as formatações base da empresa que consiste na aplicação de rostos e quadros de *Layers*, que servem de guia para o projectista.

Também é trabalho do desenhador fazer aquilo a que chamamos o “limpar do desenho”, que consiste na eliminação das linhas e peças que não interessam para a especialidade, tais como mobiliário e tramas que cubram elementos.

Outra tarefa executada pelo desenhador é a organização das plantas, distanciando-as de igual valor, quer na horizontal, quer na vertical. Este passo é importantíssimo pois existe uma aplicação para *AutoCad* criada por um dos engenheiros da empresa que consiste em atalhos de *PAN*, em que se consegue movimentar a visualização das plantas, levando a imagem para o mesmo ponto na planta do piso acima ou abaixo consoante o pretendido. Esta ferramenta permite a visualização imediata das plantas adjacentes, tornando mais prática a localização das prumadas. Por último, o desenhador coloca nos aparelhos sanitários definidos pela arquitectura símbolos internos que os representem, simplificando e agilizando mais uma vez o trabalho do projectista.

É política da empresa trabalhar em bases de arquitectura “Xref”. Este tipo de ficheiro tem como principal vantagem a sobreposição de desenhos. Trata-se de uma referência externa ao desenho que estamos a trabalhar, permitindo a sua alteração

sempre que necessária. As eventuais alterações são assim identificadas nos desenhos que contêm uma mesma referência.

Esta é uma ferramenta muito útil pois permite que a mesma base de arquitectura seja utilizada em todas as especialidades e, sempre que ocorra uma alteração, todos os departamentos são informados sem prejuízo para o trabalho a decorrer.

Só após todo este trabalho de preparação o projectista pode iniciar o traçado das redes e equacionando alternativas técnicas e económicas.

Seguidamente vão ser descritas as redes prediais, distinguindo as peças desenhadas e escritas, com os devidos enquadramentos dos processos em questão.

## Rede de abastecimento de águas frias e quentes

### Peças desenhadas

O traçado começa pelo posicionamento das redes de abastecimento de águas frias e quentes no interior dos compartimentos, tendo como prioridade o posicionamento das válvulas de seccionamento para que estas tenham o menor impacto possível dentro dos mesmos. Nas instalações sanitárias, a preferência de instalação é dentro dos armários, ou recolhidas junto a uma bacia de retrete ou a um bidé, nas cozinhas opta-se por colocá-las sob as bancadas e nos espaços técnicos e lavandarias a escolha de localização é em função da sua futura necessidade de utilização.

Uma vez traçada a rede no interior dos compartimentos, há que interligá-la. Para tal, é necessário contactar o Departamento de Mecânicas para ajustar qual a localização, mais favorável do aparelho produtor de água quente, devido a questões relacionadas com painéis solares, termoacumuladores e ventilações.

A localização do contador também é um ponto importante devido à dimensão do nicho onde vai ser instalado. Esta terá de ser considerada no paramento em contacto com o arruamento, pois por vezes a arquitectura prevê um espaço diminuto para a dimensão dos nichos exigidos pela entidade de licenciamento local. Quando se tratam de remodelações de edifícios históricos é necessária a participação do IPAR para estudar a melhor localização sem perturbar a fachada e a envolvente do edifício. Após a localização destes equipamentos, podemos então traçar toda a rede.

Nesta fase também é feita uma estimativa da pressão mínima necessária no aparelho mais desfavorável para antever a necessidade de recorrer a algum tipo de cisterna e grupo de bombagem. Para averiguar esta situação recorre-se à fórmula descrita em baixo (Equação 1). Se tal vier a acontecer, é necessário pensar desde logo na localização de uma zona técnica dedicada ao reservatório e a todos os seus acessórios.

$$H = 100 + 40n, \text{ sendo } n \text{ o número de pisos acima do solo,} \\ \text{e } H \text{ a pressão mínima (KPa)}$$

Equação 1 – Estimativa da altura manométrica necessária

As tubagens de Abastecimento de águas frias e quentes podem ser instaladas em roços, tectos falsos e galerias e embebidas na camada de enchimento da laje. A disposição construtiva depende das condições de arquitectura e das necessidades do projecto bem como do tipo de material definido. A título de exemplo, em edifícios de escritórios ou similares normalmente as tubagens são colocadas em tectos falsos ou em galerias para uma melhor manutenção e rapidez de instalação e a um baixo custo. Em edifícios de habitação onde normalmente o pé direito é baixo e a rede tem diâmetros reduzidos, estas normalmente são embebidas em paredes ou pavimentos.

Tecnicamente, a solução que passa pela passagem das tubagens em tectos falsos e galerias é sempre preferível pelas contrapartidas indicadas anteriormente. Deve-se restringir ao mínimo as passagens pelo interior dos quartos para minimizar a ocorrência de perturbações provocadas por ruídos da tubagem.

O Estudo Prévio consiste no que foi descrito anteriormente, com consecutivos contactos com outras especialidades, sendo as partes de arquitectura e mecânica as mais intervenientes pois são estas que normalmente condicionam as opções tomadas.

Com o Estudo Prévio concluído passa-se então para o processo de licenciamento.

O licenciamento de projectos é muito específico visto que cada entidade licenciadora tem os seus próprios regulamentos e directrizes. Faz parte do meu trabalho efectuar essa pesquisa enquanto se elabora o processo de Estudo Prévio.

De um modo geral, as entidades licenciadoras ao nível de peças desenhadas impõem a apresentação de plantas com as redes desenhadas, a representação dos diâmetros dos troços, as localizações exactas dos aparelhos e acessórios já referidos anteriormente, pormenores tipos e esquemas de princípio.

O esquema de princípio consiste na apresentação da rede sem as plantas com a identificação dos aparelhos através de símbolos e nomenclaturas. Neste esquema também é aplicada a numeração da rede que serviu de apoio para o dimensionamento. De notar que as redes de água fria e quente podem ser apresentadas em separado.

Quando o projecto requer a necessidade de reservatórios com bombas de pressurização, é obrigatório a apresentação de cortes esquemáticos e das características básicas da bomba, tais como o caudal a transportar e a altura manométrica a elevar.

Chegados à fase de Projecto de Execução, é altura para pormenorizar e refinar os desenhos.

Este processo é extremamente sensível pois é o passo imediatamente antes dos desenhos irem, ou para os empreiteiros orçamentarem, ou directamente para obra. É nesta fase que todas as especialidades têm de estar alinhadas e em concordância para que não hajam incompatibilidades em obra. Este afinar de agulhas em projecto é fundamental para que o processo em obra corra da melhor forma sem que haja paragem ou contratempos, pois todos esses contratempos acarretam custos para todos os intervenientes.

Nesta fase o projectista está encarregue de fornecer o mapa de “couretes”/galerias ao Departamento de Estruturas e as potências necessárias ao Departamento de Electricidade. Por sua vez, o Departamento de Mecânica está encarregue de indicar os pontos de recolha de condensados provenientes das máquinas de frio.

Alterações à arquitectura também são frequentes nesta fase, o que condiciona em muito todo o desenrolar das actividades das restantes especialidades. Estas alterações têm de ser assinaladas e validadas novamente pela entidade licenciadora o que torna por vezes o processo mais moroso e esporadicamente com alterações de fundo.

A apresentação das peças desenhadas na fase de execução deve ser a mais completa possível. Para tal, apresentamos os diâmetros de todos os troços, elaboram-se esquemas de princípio dos aparelhos das instalações sanitárias, cozinhas, lavandarias e outras zonas técnicas, bem como de espaços que o justifiquem. Estes esquemas são apresentados com medidas e cotas para minimizar a assistência técnica obrigatória em fase de execução.

## **Peças Escritas**

As peças escritas são um meio auxiliar de apresentação do projecto com documentos explicativos, justificativos e de validação das peças desenhadas.

Em fase de Estudo Prévio normalmente não são emitidas peças escritas, à excepção do pedido formal do cadastro das Redes Publicas feito à entidade gestora local e do pedido da planta de localização do terreno onde vai ser feita a intervenção. Há casos em que é o próprio arquitecto que fornece estes elementos, o que facilita toda a parte

burocrática e morosa de contactar com Autarquias e entidades gestoras de qualquer ramo.

As peças escritas apresentadas em licenciamento são normalmente específicas de cada entidade licenciadora.

A título de exemplos, a Câmara Municipal do Porto obriga a apresentar com o restante processo um documento com uma estimativa orçamental, o que não acontece com as outras entidades com as quais contactei. A E.P.A.L. obriga a que a folha de cálculo de dimensionamento das redes prediais tenha formatações específicas com indicação dos aparelhos.

No geral, as entidades requerem as seguintes peças escritas:

- Lista de Peças escritas – onde se encontra uma tabela com o código interno e com a designação de todas as peças escritas contidas no projecto.
- Termo de Responsabilidade do Técnico – em que responsabiliza o Engenheiro por todos os elementos do projecto quer escritos quer desenhados.
- Cópia do Cartão de Cidadão do Técnico; Cópia da Declaração da Ordem dos Engenheiros – onde acredita o técnico como estando habilitado para a função descrita.
- Memória Descritiva e Justificativa – onde são descritos todos os processos de dimensionamento e condições técnicas que justifiquem as técnicas e as soluções aplicadas. Serve de complemento às peças desenhadas.
- Planta Topográfica – localização exacta do lote onde se vai construir/ reabilitar, com coordenadas. É um documento oficial cedido pela entidade local para confirmação da zona de intervenção.
- Folha de Calculo – folhas em formato Excel, onde são elaborados os cálculos de dimensionamento. Nestas estão contidos todos os cálculos e a indicação do tipo de material da tubagem e a respectiva classe de pressão.
- Lista de Peças Desenhadas – indica o número das peças desenhadas e o que consta em cada uma delas.

- Estimativa Orçamental – documento facultativo, dependendo das entidades. No Porto é obrigatório e consiste numa estimativa de um valor do custo de obra com os critérios descritos em projecto.

Em fase de execução as peças escritas a apresentar são:

- Lista de Peças Escritas – onde se encontra uma tabela com o código interno e com a designação de todas as peças escritas contidas no projecto.
- Memória descritiva – onde se faz uma breve descrição da obra, critérios de dimensionamento e disposições construtivas.
- Cadernos de encargos – aqui são descritas todas as características e indicações de construção da rede. São também definidas as tarefas e boas práticas no decorrer da construção, bem como dos ensaios obrigatórios antes da entrada em serviço.
- Mapa de Trabalhos e quantidades – nesta tabela são identificados por artigos todas as actividades e a quantidade de trabalho. Consoante o artigo, estes podem ser de valor global (vg), metro linear (ml) ou à unidade (un).
- Lista de Peças Desenhadas – onde indica o numero das peças desenhadas e o que consta em cada uma delas.

## Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

### Peças Desenhadas

O primeiro passo para traçar redes de drenagem de águas residuais é interpretar muito bem as plantas e cortes da arquitectura. Esta primeira análise é fundamental pois só assim é que se entende quais as pendentes mais favoráveis para prumadas dos tubos de queda e a existência ou não de tectos falsos para o traçado das redes suspensas ou a própria localização das caixas de pavimento na envolvente do edifício.

Um ponto importante a definir através dos cadastros fornecidos pela entidade local é a localização da Caixa do Ramal de Ligação ao Colector Publico (CRL). Esta informação é vital devido às características impostas pela entidade para a CRL e a cota a que se

encontra o colector. A cota do colector é fundamental para efectuar escoamentos gravíticos sempre que possível. Outra exigência por parte das entidades licenciadoras é a profundidade mínima para as caixas ramal de ligação.

Quando a cota do colector é superior à da CRL, é necessário prever um poço de bombagem para uma cota superior ao do colector para que os afluentes cheguem a este graviticamente. Esta ligação tem de ser feita numa caixa a montante da CRL, por um tubo denominado pescoço de cavalo.

Quando os edifícios têm uma geometria mais complexa e não há prumadas eficazes que liguem a cobertura para ventilação dos diversos andares, é necessário colocar tubagem suspensa. Esta tem um comportamento e um dimensionamento semelhantes aos colectores enterrados, com o acesso aos troços varejáveis por meio de bocas de limpeza que são obrigatórias. A disposição das mesmas obedece às mesmas normas das caixas de visita.

Os aparelhos sanitários normalmente são ligados a uma caixa de pavimento. Esta consiste numa caixa com várias entradas e uma saída, normalmente entradas com Ø40mm e Ø50mm e uma saída de Ø75mm. Estas ligações são embebidas na camada de enchimento. Dependendo da solução construtiva e dos aparelhos, as caixas podem ser sifonadas ou não. Quando se trata de colectores suspensos é necessário acoplar uma tampa de varejamento de modo a atravessar a laje, e em caso de entupimentos, a manutenção é mais eficaz.

No que toca a pias de despejo e a bacias de retrete, estas são ligadas directamente ao colector ou ao tubo de queda.

Na presença de cozinhas industriais os afluentes produzidos devem ser encaminhados para um separador de gorduras antes de se juntarem às outras águas para minimizar entupimentos. Os separadores de gorduras podem ser instalados sob as bancadas de trabalho ou enterrados no pavimento.

No que toca a tubos de queda, estes devem obedecer a todas as directrizes do decreto-lei em vigor. De salientar que estes devem ser prolongados até à cobertura para assegurar a ventilação do colector publico. Ponto importante é garantir que as ligações dos elementos ao tubo de queda por curvas de concordância, nunca ultrapassem a distância máxima de 10 vezes o diâmetro.

Os colectores suspensos e enterrados, como já foi referido, têm um comportamento semelhante pelo que o seu dimensionamento é baseado nos mesmos pressupostos.

No que toca a acessos aos colectores suspensos e enterrados, para desobstruir entupimentos existem bocas de limpeza e caixas de visita, respectivamente.

Todos estes processos são sempre identificados em todas as fases de projecto. As diferenças prendem-se pelo pormenor e refinamento dos desenhos e da informação contida em cada um dos elementos.

No estudo prévio são apenas indicados os caimentos/pendentes, tubos de queda, a posição das caixas de pavimento e de visita e os colectores. Estima-se os diâmetros e a localização da caixa ramal de ligação com base nas indicações das entidades locais e na experiência do projectista.

Em projecto de licenciamento os diâmetros são dimensionados, rectificam-se as posições dos tubos e é feito o levantamento das cotas de soleira e das tampas das caixas e vista.

Os desenhos da rede são acompanhados por tabelas com as características da tubagem e os caudais instantâneos de cada aparelho. É também feito um corte que inclua de preferência uma casa de banho.

Em execução, à semelhança da rede de abastecimento, as peças desenhadas são acompanhadas por pormenores-tipo e específicos a cada projecto.

## **Peças escritas**

Ao nível de peças escritas, estas são iguais às das redes de abastecimento de água.

## **Rede de Drenagem de Águas Pluviais**

### **Peças desenhadas**

Numa primeira fase, as zonas a drenar são delimitadas e as suas áreas definidas. A localização das caleiras e dos ralos de pavimento são identificados e ajustados na arquitectura.

Um ponto importante a confirmar com alguma exaustão é a definição das caleiras por parte da arquitectura e se estão definidos tubos de queda pelo exterior.

As caleiras, grelhadas ou não, devem ser bem definidas e dimensionadas para criar condições de despejo e de arrasto significativo. Os ralos pinha também devem ser definidos com o mesmo diâmetro da tubagem. Os tubos de queda têm como diâmetro mínimo 50mm e as ligações à rede horizontal devem ser feitas com o mesmo critério da rede de drenagem de águas residuais.

À semelhança da drenagem de águas residuais, as prumadas e caimentos devem ser bem definidos para mitigar entupimentos, bem como as inclinações dos colectores suspensos e enterrados. Neste campo de aplicação os colectores podem ter inclinações compreendidas entre os 5 e os 40 mm/m. A inclinação é menos conservativa do que nas águas residuais pois a presença de sólidos é inferior.

Quando se efectua o estudo da drenagem de uma zona é necessário saber quais os afluentes que a ela ocorrem. No caso de garagens ou de pátios, onde a presença de combustíveis ou óleos é frequente, pode ser necessária a colocação de um separador de hidrocarbonetos (Fig. 3). Este equipamento vai reter, por processo de decantação, as gorduras correntes aos ralos.



**Fig. 3 - Separador de Hidrocarbonetos**

Os ralos de pavimento podem ser de diversos diâmetros e tipos consoante o fim a que se destinam, dependendo da configuração da laje onde vão ser inseridos e do seu posicionamento.

## **Peças escritas**

Todas as peças escritas são idênticas às de abastecimento.

## Rede de Incêndio

### Peças desenhadas

O processo inicia-se através de um contacto feito ao Técnico de Segurança, que determina quais os meios de intervenção a adoptar e as localizações óptimas para os mesmos, após elaboração do Projecto de Licenciamento de Segurança Contra Incêndios.

Os meios de intervenção podem ser de primeira ou segunda intervenção.

Os meios de primeira intervenção compreendem-se pela implantação de bocas-de-incêndio armadas. Estas terão uma distribuição que deve obedecer aos critérios regulamentares em vigor, relativos à compartimentação corta-fogo do edifício e layout definido para os caminhos de evacuação.

Os locais de instalação devem caracterizar-se por boa visibilidade, bom acesso e adequada operacionalidade.

O volante de manobra das Bocas-de-Incendio (BI) deve estar situado a uma altura do pavimento compreendida entre 1,20m a 1,50m.

A pressão mínima requerida numa BI tipo carretel (DN 25 mm) é de 250 KPa (25 m.c.a), com metade das BI da rede abertas, num máximo de quatro. A nível de caudais instantâneos mínimos, a BI tipo carretel (DN 25 mm) obriga a 1,5 l/s com velocidades máximas nas condutas de 3,0 m/s.

Para efeitos de cálculo apenas se aplica um máximo de 4 bocas-de-incêndio em simultâneo.

Para os meios de segunda intervenção estão compreendidos bocas-de-incêndio instaladas em colunas secas, normalmente duplas (boca Siamesa) para serviço dos bombeiros. Este equipamento deve ser instalado nas caixas de escada dos edifícios ligados por tubagem de aço galvanizado. As bocas-de-incêndio devem ter um acoplamento do tipo “storz” com um diâmetro a jusante DN52 mm.

O eixo da boca-de-incêndio deve estar a uma cota relativa ao pavimento compreendida entre 0,8 m e 1,2 m. O compartimento onde está inserida deve ser estanque a fumo com portas corta-fogo para protecção dos bombeiros em combate às chamas e como meio de resgate para os ocupantes do edifício.

As bocas siamesas serão instaladas em caixas metálicas do tipo ‘de parede’, embebidas em armário ou nicho executado para o efeito e que será provido de porta metálica, devidamente sinalizada, com as respectivas inscrições e nas cores normalizadas. As válvulas de retenção, passadores e tampões serão devidamente protegidos e sinalizados.

Junto à entrada principal do edifício será instalada uma caixa para uso exclusivo dos bombeiros, equipada com duas bocas-de-Alimentação siamesas de modo a permitir a alimentação da coluna seca do edifício a partir de uma viatura cisterna dos bombeiros.

## Peças escritas

Todas as peças escritas são idênticas às de abastecimento.

Seguidamente apresento um quadro sumário dos documentos a apresentar nas várias fases de projecto (Tabela 2).

Tabela 2 – resumo de Documentos

		Tipo de Projecto	
		Estudo Prévio	Projecto de Licenciamento
<b>Peças Escritas</b>	-		Termo de Responsabilidade do Técnico
			Cópia do CC do Técnico; Cópia da Declaração da Ordem do Técnico
			Memória Descritiva e Justificativa
			Planta Topográfica
			Folha de Calculo
			Lista de Peças Desenhadas
			Estimativa Orçamental
<b>Peças Desenhadas</b>	Plantas	Plantas	Plantas
			Cortes (mínimo 1)
			Alçados (se necessário)
			Pormenores Tipo
			Pormenores Específicos
		Esquema de Principio (RAA)	

## Folhas de cálculo

Seguidamente vão ser descritas as folhas de calculo utilizadas pela empresa e quais as alterações propostas por mim durante o estágio.

Um dos objectivos a que me propus foi o melhoramento das tabelas de dimensionamento de abastecimento e de esgotos. Deste modo, tentei aumentar as funcionalidades das folhas de cálculo através da automatização e simplificação de algum processo de cálculo, bem como aumentar o número de verificações.

## Dimensionamento da Rede de Abastecimento de Águas Fria e Quente

Ao nível do abastecimento, o livro tinha uma folha oculta onde se encontravam vários tipos de tubagem, com os vários diâmetros disponíveis comercialmente, com as espessuras de fábrica e as respectivas classes de resistência.

Sempre que aparecia um projecto novo, era necessário copiar a tabela com o material definido pelo dono de obra para as folhas de cálculo de águas quente e fria. Após a informação do fabricante estar inserida nas folhas e nas células específicas, os cálculos seguintes estavam garantidos. Em relação ao grau de conforto, as tabelas estavam pré definidas para um conforto médio, o que por vezes não é necessário, dependendo do projecto em causa.

Um dos melhoramentos mais significativos que implementei foi a criação de duas barras de opção automáticas que após a escolha do material ou do grau de conforto (Fig. 4), assume as opções escolhidas para os restantes cálculos.

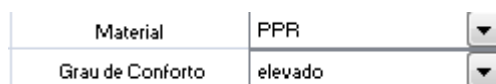


Fig. 4 - Botões de Opção

Seguidamente são descritas em pormenor a apresentação e os campos necessários para um cálculo correcto e expedito. Na Fig. 5 está representada a folha de cálculo para o abastecimento de água:

Troço		Aparelhos: Q inst. em l/s													Fluxómetros																
Montante	Jusante	Lv	Bd	Ch	Ba	Br	Mi	Li	Ml	Mt	Tq	Ts	Ts	O	Numero de aparelhos	Caudal Acumulado	Caudal Calculo	Bacia de Retete	Ulimd	Nº Total de fluxómetros Br	Nº Total de fluxómetros Mi	Nº de fluxómetros em simultâneo Br	Nº de fluxómetros em simultâneo Mi	Caudal Total Fluxómetro	Caudal de Calculo Total	Velocidade Máxima Admitida	Diâmetro Necessário	Diâmetro Comercial (mm)	Velocidade		
		0,1	0,10	0,15	0,25	0,10	0,15	0,20	0,15	0,20	0,20	0,30	0,45	0,00	l/s	l/s	1,5	0,5						l/s	l/s	m/s	mm	ext	int	m/s	
1	2														0	0,00	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,500	0,00	16	10,60	0,00

Comprimento Real	Comprimento de Calculo	Nº Reynolds	Factor Perda de Carga	Perda Unitária	Perda Total	Desnível Geométrico	Perdas de Carga Localizadas	Pressão a Jusante	Pressão a Montante
m	m	RE	I	mm/m	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.
	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		5,00		25,00
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
									Ok

Fig. 5 - Tabela de dimensionamento da Rede de Água Fria

- 1 – Troço Montante e Jusante – Menciona o troço que está a ser contabilizado, indicando o seu início e fim;
- 2 – Aparelhos – Refere os aparelhos mais comuns com a indicação dos caudais individuais, à semelhança da Tabela 3, bastando para isso indicar o número de aparelhos. Existe ainda um espaço em branco para acrescentar algum aparelho menos usual, tal como uma máquina industrial. O quadro foi baseado no Anexo IV do Regulamento em vigor.

Tabela 3 - Caudais Unitários dos aparelhos

Aparelho	Nomenclatura	Caudal (L/s)
Lavatório/ bebedouro	Lv	0,1
Bidé	Bd	0,10
Chuveiros	Ch	0,15
Banheiras	Ba	0,25

<b>Autoclismo</b>	Br	0,10
<b>Mictório</b>	Mi	0,15
<b>Lava-Loiça</b>	LI	0,20
<b>Maq. Lavar Loiça</b>	MI	0,15
<b>Maq. Lavar Roupa</b>	Mr	0,20
<b>Tanque</b>	Tq	0,20
<b>Torneira de <math>\phi</math> 15 mm</b>	Ts	0,30
<b>Torneira de <math>\phi</math> 20 mm</b>	Ts	0,45

As tabelas fornecidas pela A400 não tinham os aparelhos definidos, apenas uma coluna para caudais acumulados que tinham de ser inseridos a montante daquele troço. A introdução deste quadro é mais fácil para uma verificação futura, pois os dispositivos estão identificados por troço;

- 3 – Numero de Dispositivos – Coluna que vai contabilizando o número de aparelhos por troço. No troço final este valor tem de ser igual ao número de aparelhos do projecto;
- 4 – Caudal Acumulado ( $Q_a$ ) – coluna onde vão ser somados os caudais instantâneos dos aparelhos constantes no troço;
- 5 - Caudal de cálculo ( $Q_c$ ) – calculado segundo o grau de conforto pretendido para a rede. Pode ser calculado para um grau de conforto mínimo, médio e elevado. A tabela abaixo (Tabela 4) indica as várias fórmulas de cálculo consoante o grau e o valor de caudal acumulado.

Tabela 4 -tabela de cálculo de caudal de cálculo para os vários níveis de conforto

<b>Para conforto mínimo</b>	
$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,5099 \cdot Q_a^{0,5092}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,4944 \cdot Q_a^{0,5278}$
$500 \geq Q_a > 25$	$Q_c = 0,2230 \cdot Q_a^{0,7561}$
<b>Para conforto médio</b>	
$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,5469 \cdot Q_a^{0,5137}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,5226 \cdot Q_a^{0,5364}$
$500 \geq Q_a > 25$	$Q_c = 0,2525 \cdot Q_a^{0,7587}$

**Para conforto elevado**

$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,6015 \cdot Q_a^{0,5825}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,5834 \cdot Q_a^{0,5872}$
$500 \geq Q_a > 25$	$Q_c = 0,3100 \cdot Q_a^{0,7750}$

Inicialmente as tabelas fornecidas apenas estavam com a fórmula para conforto médio. Se por qualquer motivo fosse necessário alterar essa função era necessário mudar a fórmula da célula. Uma das alterações que fiz foi tornar esse processo automático, através da criação de um botão de opção ou caixa de combinação (Fig. 4). No botão pode-se escolher qual o nível de conforto pretendido, visto que a fórmula de combinação já está inserida na célula do cálculo do Caudal de Calculo ( $Q_c$ ).

Entre os pontos 6 e 13, a tabela está dedicada ao cálculo de caudais para aparelhos com descarga por fluxómetros. A A400 tinha uma folha de cálculo à parte para o cálculo destes aparelhos. O que fiz foi juntá-los na mesma folha para que esteja sempre disponível. Para que a folha não se torne demasiado extensa em projectos que não utilizem este tipo de equipamento, acabei por agrupá-las e quando não são necessárias estão ocultas.

A utilização de fluxómetros é pouco frequente em edifícios de habitação ou escritórios devido ao consumo de água e ao ruído. Em edifícios hospitalares, escolas e edifícios públicos com grande afluência de utentes os fluxómetros desempenham um bom papel pois a possibilidade de ocorrerem entupimentos é menor e o nível de conforto não é prioritário ou tomam-se medidas para atenuar os efeitos secundários da utilização de fluxómetros. Exemplo disso é o isolamento das tubagens de saneamento.

- 6 – Bacias de Retrete com fluxómetro – nesta coluna vão ser inseridos os números de fluxómetros para bacias de retrete no troço em estudo. Este equipamento tem um caudal instantâneo de 1.5 l/s;
- 7 – Urinóis com fluxómetro – nesta coluna vão ser inseridos os números de fluxómetros para Urinóis no troço em estudo. Este equipamento tem um caudal instantâneo de 0.5 l/s;

- 8 e 9 – N° Total de fluxómetros Br e Mi – nesta coluna vão ser contabilizados o total de aparelhos no troço em estudo e nos que o antecedem. Este passo é importante para o cálculo da simultaneidade;
- 10 e 11 - N° de fluxómetros em simultâneo Br e Mi – estas colunas calculam o número de aparelhos no troço e a montante do mesmo, assumindo o indicado na tabela abaixo( Tabela 5), conforme Anexo V do regulamento em vigor.

Tabela 5 - Número de fluxómetros em utilização simultânea

<b>Número de Fluxómetros instalados</b>	<b>Número de Fluxómetros em utilização simultânea</b>
<b>3 a 10</b>	<b>2</b>
<b>11 a 20</b>	<b>3</b>
<b>21 a 50</b>	<b>4</b>
<b>Mais de 50</b>	<b>5</b>

- 12 - Caudal Total Fluxómetros – calcula o caudal de cálculo referente aos aparelhos com dispositivo de descarga por Fluxómetro. Aqui, a fórmula empregue é  $Q_c = n \cdot Q_i$ , onde  $n$  é o número de simultaneidade e  $Q_i$  é o caudal unitário de cada aparelho;
- 13 - Caudais de Cálculo Total – nesta coluna vão ser somados os caudais de Cálculo dos Aparelhos Comuns e dos Aparelhos dotados de Fluxómetro.  $Q_c = x \cdot Q_a + n \cdot Q_i$ .
- 14 - Velocidade Máxima Admitida – está relacionada também com o nível de conforto para os utilizadores e com a preservação e longevidade da própria tubagem. A velocidade excessiva provoca vibrações e ruídos na tubagem pelo que, segundo o decreto-lei, se baliza a velocidade entre 0.5 e 2 m/s. Por norma, inicia-se o cálculo com velocidades de 1.5m/s, podendo sempre aumentar ou diminuir a velocidade consoante as necessidades de projecto;
- 15 – Diâmetro de cálculo – determinado através do refinamento da Equação da Continuidade:

$$D = \sqrt{\frac{1.273 \cdot Qc}{U}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Qc (* 10^3)}{\pi \cdot U}}$$

Em que:

- D – Diâmetro (mm)
  - Qc – Caudal de cálculo em l/s
  - U – velocidade de escoamento (m/s)
- 16 e 17 – Diâmetro Comercial exterior e interior – são determinados por comparação com o diâmetro calculado na coluna anterior (15). A tabela assume sempre um valor igual ou superior ao da coluna anterior. Os valores de comparação encontram-se no final de cada folha de cálculo. Um melhoramento que executei neste campo foi a automatização entre os vários materiais da tubagem. Com o auxílio de uma caixa de opção é possível alterar o material de projecto. Este botão altera os valores na tabela dos materiais e automaticamente nas células de diâmetros exteriores e interiores. Um dos problemas foi o facto dos vários materiais terem comportamentos e especificações diferentes. Mais á frente neste texto vão ser caracterizados os materiais mais utilizados em redes de abastecimento;
  - 18 - Velocidade – calcula a velocidade pela Equação da Continuidade para o diâmetro do tubo ideal para o caudal de cálculo. Este valor representa a velocidade exacta daquele troço. A equação da continuidade para o cálculo da velocidade em ordem ao caudal e ao diâmetro é:

$$U = \frac{4 \cdot Qc * 10^3}{\pi \cdot D_{int}^2}$$

Esta coluna também tem uma formatação especial, alertando para valores superiores a 2. Esta é apenas uma medida de precaução na eventualidade de haver algum erro nos cálculos anteriores que afectam esta coluna;

- 19 – Comprimento Real – esta célula preenche-se com a dimensão do troço em metros. Neste campo deve ser introduzido, para além da distância horizontal, o comprimento vertical;
- 20 – Comprimento de Cálculo – nestas células o comprimento indicado no campo anterior é somado mais 20%. Este valor é determinado para englobar

várias curvas e correspondentes perdas de carga. Dependendo do tipo de traçado, este valor pode ser alterado. Com traçados muito sinuosos pode-se aumentar para um acréscimo de 25%, enquanto que se o traçado foi curto e predominantemente rectilíneo pode-se baixar a perda para um valor de 15%. Este valor de deveria ser calculado através do somatório das perdas de carga localizadas, no entanto de uma maneira expedita ;

- 21 - N° Reynolds – determina se o caudal a escoar é laminar (<2000) ou turbulento (>4000). Entre estes valores (Zona Critica) considera-se regime turbulento. Este valor é adimensional.

É calculado através da fórmula já simplificada:

$$R = \rho \cdot V \cdot D_{int} / \mu$$

Onde:

$\rho$  = Massa volúmica da água expressa em Kg/m<sup>3</sup>;

V= velocidade do escoamento, retirado do ponto 18;

$D_{int}$  = diâmetro interior da conduta, retirado do ponto 17 em metros;

$\mu$  = Viscosidade dinâmica do líquido expresso em  $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ .

A viscosidade relativa é dependente da temperatura da água pelo que, para o calculo em água fria, considera-se que o líquido está a 12°C, pelo que apresenta o valor de  $1,6 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ . Para água quente, devido à temperatura elevada, a viscosidade cinemática baixa para  $0,5 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ .

- 22 – Factor de Perda de Carga ou Resistência – trata-se de um valor adimensional que traduz a perda de energia através do contacto do líquido com as paredes do tubo. A Viscosidade do líquido também afecta este valor pois quanto mais “espesso” for o liquido, mais dificuldade há de circulação bem como a rugosidade do. Este valor é adimensional e é proporcional ao regime de escoamento e ao diâmetro da tubagem. Em caso de escoamento laminar utiliza-se a fórmula de Hagen- Poiseuille:

$$f = \frac{64}{R_e}$$

No caso de um escoamento em regime turbulento que é o caso das tubagens de abastecimento, o valor deve ser calculado pela fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\epsilon}{3.7 \cdot D_{int}} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

No entanto é uma fórmula iterativa o que torna o cálculo complexo. Para simplificar o cálculo sem grande margem de erro (0.22%) é utilizada a fórmula da Haaland:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log \left[ \left( \frac{\epsilon}{3.7 \cdot D_{int}} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right]$$

- 23 – Perda Unitária – calculado através da dedução da equação de Hagen-Poiseuille que traduz a lei de resistência dos escoamentos laminares uniformes em tubos circulares:

$$f = \frac{J \cdot D}{U^2} \Leftrightarrow J = \frac{f \cdot U^2}{D \cdot 2g}$$

Em que:

J= Perda de Carga, expressa em mm/m;

f= factor perda de carga;

D= diâmetro interno(mm);

U= velocidade de escoamento.

- 24 – Perda de Carga Total – traduz a perda de carga efectiva no comprimento total da tubagem, através da multiplicação entre a perda de carga unitária e o comprimento de cálculo do troço em estudo;
- 25 – Desnível geométrico – nesta coluna vão ser introduzidos valores correspondentes às diferenças de cota entre o início e o final do troço;
- 26 – Perdas de Carga Localizada – nesta coluna vão ser introduzidos os valores correspondentes às perdas de carga localizadas singulares que não estão contabilizadas no campo 24 – Perda Total. Exemplo disso é a contabilização da perda de carga no aparelho produtor de água quente e no contador. Estas perdas de carga variam consoante o diâmetro das tubagens e

as condições do fabricante. Por norma utilizam-se perdas de carga na ordem dos 2 a 3 m.c.a.;

- 27 e 28– Pressão na Rede – Estes duas colunas vão dar a informação da pressão a montante e jusante do troço em questão. Para a simplificar o preenchimento destas colunas é fundamental que a rede esteja bem numerada e os troços bem identificados para que o seu preenchimento seja contínuo e expedito. Como já referi, a minha maneira de trabalhar é começar no troço mais afastado e ir em direcção ao contador ou grupo de bombagem. Para tal, inicio com a pressão a montante do primeiro troço de 15 m.c.a.,e quando chego à pressão a jusante do último troço esta deve ser inferior à garantida pela entidade gestora das águas no caso de contador, ou então obtenho os valores para dimensionamento do grupo hidropressor. O valor da pressão inicial é depois alterado consoante as necessidades de dimensionamento;
- 29 – Coluna de Verificação – Esta coluna serve mais uma vez para garantir um bom dimensionamento da rede. Por vezes assumimos um determinado ponto como sendo o mais desfavorável, algo que mais à frente, no dimensionamento, verificamos que efectivamente não o é. Esta coluna vai verificar se existe algum início de rede com pressão inferior a 10 m.c.a. Em caso afirmativo aparece a mensagem de “Ok”, caso contrário aparece a mensagem “Mal”.

Na folha de cálculo para a rede de água quente (Fig. 6) as alterações prendem-se pela remoção de alguns aparelhos que apenas são fornecidos de água fria, nomeadamente todas as colunas referentes a fluxómetros, bacias de retrete, máquinas de lavar roupa e louça e torneiras de serviço. Os materiais que não são quimicamente compatíveis com água quente também estão excluídos do comando de opção .

Troço		Aparelhos: Q inst. em l/s						Caudal		Diâmetro Comercial (mm)		Velocidade	Comprimento Real	Comprimento de Calculo	Nº Reynolds	Factor Perda de Carga	Perda Unitária	Perda Total	Desnível Geométrico	Perdas de Carga Localizadas	Pressão a Jusante	Pressão a Montante				
Montante	Jusante	Lv	Bd	Ch	Ba	LI	O	Numero de aparelhos Acumulado	Calculo	Velocidade Máxima Admitida	Diâmetro Necessário	est	int	m/s	m	m	RE	l	mm/m	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.		
1	3	1	0,1	0,10	0,15	0,25	0,20	1	0,10	0,157	1,500	11,56	16	13,00	1,19	12,00	14,40	30813	0,02533	139,454	2,01			17,01	15,00	Ok

Fig. 6 - Tabela de Dimensionamento de Água Quente

## Material das Tubagens para abastecimento de Água

Tabela 6- Compatibilidade de Material

Material	Características	
	Água Fria	Água Quente
PEAD	PN16 para $\varnothing \leq 25\text{mm}$ ; PN10, para $\varnothing \geq 25\text{mm}$	Não Aplicável
PPR	PN20 para $\varnothing \leq 25\text{mm}$	PN20
PVC	PN16 para $\varnothing = 20\text{ mm}$ ; PP-R PN10, para $\varnothing > 20\text{mm}$	Não Aplicável
AÇO INOX	Sem restrição	Sem restrição
MEPLA	PN 10	PN 10
PEX	Sem restrição	Sem restrição
AÇO GALVANIZADO	Sem restrição	Sem restrição

## Tabelas de Dimensionamento da Rede de Combate a Incêndio

Esta tabela é idêntica às de dimensionamento da rede de abastecimento de água com pequenas divergências.

Troço		Caudal		Velocidade Máxima Admitida	Diâmetro Necessário	Diâmetro Comercial (mm)		Velocidade	Comprimento Real	Comprimento Cálculo	Nº Reynolds	Factor Perda de Carga	Perda Unitária	Perda Total	Desnível Geométrico	Perdas de Carga	Pressão a Jusante	Pressão a Montante	
Montante	Jusante	Acumulado U/s	Cálculo U/s			ext	int												
1	3	1,50	1,50	1,000	43,70	50	53,10	0,68	7,15	8,58	27456	0,02449	10,783	0,09	1,00		26,1	25,0	Ok
2	3	1,50	1,50	1,000	43,70	50	53,10	0,68	2,40	2,88	27456	0,02449	10,783	0,03	-5,40		26,1	31,5	Ok
3	5	3,00	3,00	1,000	61,80	65	68,90	0,80	1,00	1,20	42320	0,02218	10,623	0,01			26,1	26,1	Ok
4	5	1,50	1,50	1,000	43,70	50	53,10	0,68	5,40	6,48	27456	0,02449	10,783	0,07	-2,40		26,1	28,4	Ok
5	Cont	1,50	1,50	1,000	43,70	50	53,10	0,68	2,00	2,40	27456	0,02449	10,783	0,03	1,00		27,1	26,1	Ok

Fig: 7 - Tabela de Dimensionamento da Rede de Combate a Incêndio

Ao nível de caudais assume-se que os caudais de cálculo são iguais aos acumulados até ao máximo de quatro carretéis (6 l/s). Todos os restantes passos de dimensionamento são iguais aos de abastecimento.

O material mais utilizado nas tubagens da rede de incêndio é em aço galvanizado da serie média segundo a norma EN-10255. Os diâmetros empregues encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Tabela de diâmetros de Aço Galvanizado

Aço Galvanizado		
Série Média - EN 10255		
Dimensão Nominal		Dint. (mm)
Nominal		
DN (mm)	R	
32	1 1/4"	36,00
40	1 1/2"	41,90
50	2"	53,10
65	2 1/2"	68,90
80	3"	80,90
100	4"	105,80
125	5"	129,70
150	6"	155,10
200	8"	205,00

## Dimensionamento da Rede de Drenagem de Águas Residuais Domesticas

### Tubos de Queda

Designação	Dispositivos		Caudal (l/min)		Caudal (l/s)	Diâmetro Exterior (mm)	Taxa de Ocupação	Caudal Máximo Admitido	
	Tubo de	Tipo	N.º	Acumulado	Cálculo				
TQ1		Lv	2	60					
		Bd	1	30					
		Ch	1	30					
		Ba	1	60					
		Br							
		Mi							
		Ll							
		Ml							
		Mr							
		Tq							
				180	118	1,97	75	1/4	160
1	2		3	4	5	6	7	8	9

Fig: 8 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de queda

- 1 – Designação – identificação do tubo de queda a dimensionar;
- 2 – Dispositivos – nestas colunas estão designados os vários tipos de aparelhos a drenar colocando apenas o número de dispositivos afluentes ao tubo de queda;
- 3 – Caudal Acumulado – nesta coluna é feita a multiplicação dos totais de cada um dos aparelhos pelo respectivo caudal unitário. A última linha apresenta o somatório de todos os caudais. A tabela 8, indica os caudais a drenar de cada aparelho;

Tabela 8 - Caudais Unitários dos aparelhos a drenar

<b>Dispositivo</b>	<b>Caudal Unitário a drenar (l/min)</b>
Lv	30
Bd	30
Ch	30
Ba	60
Br	90
Mi	60
LI	30
MI	60
Mr	60
Tq	60

- 4 – Caudal de Cálculo (l/min) – este valor é calculado através da expressão

$$Q_c = c_s \cdot Q_a$$

Onde:

Q<sub>a</sub> entende-se como o caudal acumulado;

c<sub>s</sub> o coeficiente de simultaneidade.

A expressão:  $Q_c = 7.3497 \cdot Q_a^{0.5352}$ , é deduzida do gráfico enunciado do decreto-lei em vigor;

- 5 – Caudal de Cálculo (l/s) – trata-se da conversão de unidades para simplificar o processo de cálculo mais à frente;
- 6 - Diâmetro Exterior – nesta célula é necessário colocar manualmente o diâmetro externo do tubo que achemos indicado. O diâmetro só satisfaz as condições de drenagem se a célula 9 apresentar a palavra “Ok”. A verificação é baseada no diâmetro interior O material mais utilizado é o PVC. Mais à frente serão enunciados os tipos e o campo de aplicação dos tubos;
- 7 – Taxa de Ocupação – nesta coluna é apresentada a taxa de ocupação indicada pelo regulamento consoante o diâmetro escolhido no passo anterior. Este valor é fundamental para calcular o caudal máximo admitido pela tubagem seleccionada anteriormente:

Tabela 9 - Taxas de ocupação

Diâmetro do Tubo de Queda (mm)	Taxas de Ocupação
D=50	1/3
50<D≤75	1/4
75<D≤100	1/5
100<D≤125	1/6
D> 125	1/7

- 8 – Caudal máximo admitido – esta célula indica o caudal máximo que o diâmetro escolhido pode transportar com a taxa de ocupação indicada. O caudal admitido em tubos de queda pode ser calculado por via empírica, por uma tabela (tabela 10, ou por um Ábaco da Fig: 9). A fórmula empírica para determinar o caudal é  $Q = 0.019 \cdot t^{5/3} \cdot D^{8/3}$ , onde  $t$  representa a taxa de ocupação adimensional e  $D$  refere-se ao diâmetro da tubagem empregue em milímetros.

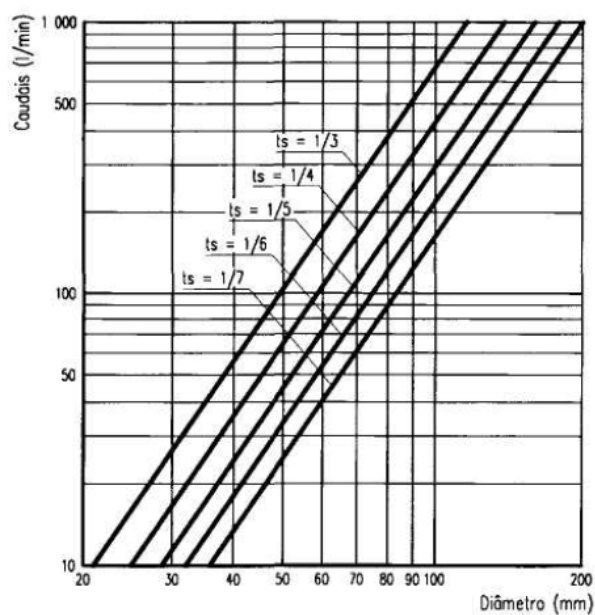


Fig: 9 - Ábaco de Dimensionamento de Tubos de Queda

Tabela 10 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de Queda

DN	CAUDAIS				
	TAXAS DE OCUPAÇÃO				
	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	81	50	34	25	20
75	259	160	111	82	63
90	433	268	185	136	106
110	749	464	320	236	182
125	1055	653	450	332	257
140	1429	885	610	450	348
160	2039	1262	870	642	497
200	3704	2293	1581	1167	902
250	6728	4165	2872	2119	1639

Para o cálculo desta célula optamos pelos valores retirados da tabela – Tabela 10 porque são mais concisos e próximos dos valores da fórmula empírica, embora mais conservadores;

- 9 – Coluna de Verificação – nesta célula é feita a verificação se o caudal que é possível transportar é superior ao que é necessário transportar. Em caso afirmativo aparece a palavra “Ok”, caso contrário aparece “Mal”.

### Colectores

A folha de cálculo para colectores engloba colectores enterrados, suspensos e em paredes.

Troço		Dispositivos		Caudal (l/min)		Caudal de Cálculo (l/s)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro Exterior (mm)	Diâmetro Interior (mm)	Caudal a meia secção (l/s)	K	Para o Caudal de Cálculo				
Jusante	Montante	Tipo	N.º	Acumulado	Cálculo							Altura Lâmina Líquida Y (m)	Y/D	Velocidade (m/s)	Força Tractiva (N/m <sup>2</sup> )	
CV1	CV2															
		Lv														
		Bd														
		Ch														
		Ba														
		Br	1	90												
		Mi														
		Ll														
		Ml														
		Mr														
		Tq														
				90	82	1,37	10	125	118,80	6,38	120	0,03	0,22	0,75	1,57	ok
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Fig: 10 - Tabela de dimensionamento de colectores

- 1, 2, 3, 4 e 5 têm a mesma função que a indicada na tabela dos tubos de queda;
- 6 – Inclinação (mm/m) – nesta célula é necessário indicar qual a inclinação do colector. Para tal, é fundamental que a rede esteja já definida com algum rigor a nível do levantamento das cotas por onde passa. É particularmente importante quando se trata da rede enterrada, pois para acompanhar a topografia do terreno por vezes é necessário aumentar as cotas de tampa e soleira de caixas de visita. Quando a tubagem passa por tectos falsos, normalmente trabalha-se com as inclinações mínimas para que a arquitectura

ganhe mais altura útil. As inclinações dos colectores estão situadas entre os 10 e os 40 mm/m;

- 7 e 8 - Diâmetros - os diâmetros comerciais têm de ser colocados manualmente, e o diâmetro interior é automático, à semelhança dos tubos de queda;
- 9 – Caudal a meia secção – é obtido através da aplicação da fórmula de Manning- Strickler (para secção cheia):

$$Q = k.A.R^{2/3}.i^{1/2},$$

simplificando podemos a

Onde:

$K$  - rugosidade da tubagem;

$A$  - área de secção da tubagem:  $A = (\pi.D^2)/4$ ;

$R$  – Raio hidráulico;

$i$  – inclinação do colector.

- 10 –  $K$  – Rugosidade da Tubagem ( $m^{1/3}.s^{-1}$ ) - valor tabelado referente ao atrito da parede interna com o escoamento;
- 11 – Altura de Lamina Líquida – traduz a altura de líquido no interior do colector, sendo que este não deve ser superior ao raio do colector por forma a garantir um escoamento a meia secção.

Assim, para a verificação da altura de lâmina líquida, a fórmula simplificada é:

$$Y = \frac{D_{int}}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{x}{2}\right)$$

Onde:

- $D_{int}$  – diâmetro interior do colector (m);
- $x$  – ângulo ao centro relativo à altura de lâmina líquida em consequência do diâmetro do tubo ou seja, entre a superfície livre e as paredes no canal.

- 12 –  $Y/D$  – representa a taxa de ocupação do colector.

- 13 – Velocidade – representa a velocidade de escoamento. É deduzida através da fórmula de Manning-Strickler, bem como da interpolação das várias fórmulas geométricas para escoamento em secção circular fechada. As fórmulas geométricas relacionam a altura do escoamento com o ângulo interno, com o diâmetro da tubagem e com a largura de escoamento.

$$U = k \cdot \left( D_{int} \cdot \frac{2x - \sin(2x)}{8x} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$x = \arccos \left( 1 - \frac{2 \cdot y}{D_{int}} \right)$$

Sendo:

- K – a constante de rugosidade do tubo em estudo;
  - x – ângulo ao centro relativo à altura de lâmina líquida em consequência do diâmetro do tubo ou seja, entre a superfície livre e as paredes no canal.
- 14 – Tensão Tangencial – representa a força de arrasto dos sólidos, impulsionada pelo caudal. Este valor é equacionado pelos mesmos factores que influenciam o cálculo da velocidade e da altura de lâmina líquida. É determinado pela dedução das mesmas fórmulas da velocidade e da altura da lâmina líquida.

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot i$$

$$\tau = 10 \cdot D_{int} \cdot \frac{2x - \sin(2x)}{8x} \cdot \sin(i), \text{ Com } i \text{ em radianos}$$

$$x = \arccos \left( 1 - \frac{2 \cdot y}{D_{int}} \right)$$

As funções para o cálculo da altura de lâmina líquida, velocidade de escoamento e força tractiva estão escritas em código visual Basic numa folha bloqueada. Como o cálculo é todo dependente, esta é a melhor forma sincronizar todas as funções.

- Coluna de verificação – nesta coluna a palavra OK aparece se a altura da lâmina líquida for inferior a 0,5, ou seja, verifica se o escoamento é feito em regime de meia secção ou não.

Aplicações das tubagens em PVC:

- REDE INSTALADA NO INTERIOR DO EDIFÍCIO, NÃO ENTERRADA – A rede de drenagem de águas residuais instaladas no interior do edifício, não enterrada, será executada com tubagem em PVC-U, área de aplicação B.
- REDE COM PRESSÃO (CONDUTAS ELEVATÓRIAS) – As condutas sob pressão (se existirem), serão executadas em PVC-U, PN10 (EN 1452).
- REDE INSTALADA NOS TUBOS DE VENTILAÇÃO – A tubagem interior de ventilação da rede de drenagem de águas residuais, instalada à vista, em tecto falso, em courettes ou suspensa, será executada em PVC-U, área de aplicação B.
- REDE INSTALADA NAS REDES ENTERRADAS NO EDIFÍCIO – A rede de drenagem de águas residuais instalada em vala será executada com tubagem em PVC-U, área de aplicação U e rigidez circunferencial SN4.

## Dimensionamento da Rede de Drenagem de Águas Pluviais

### Tubos de Queda

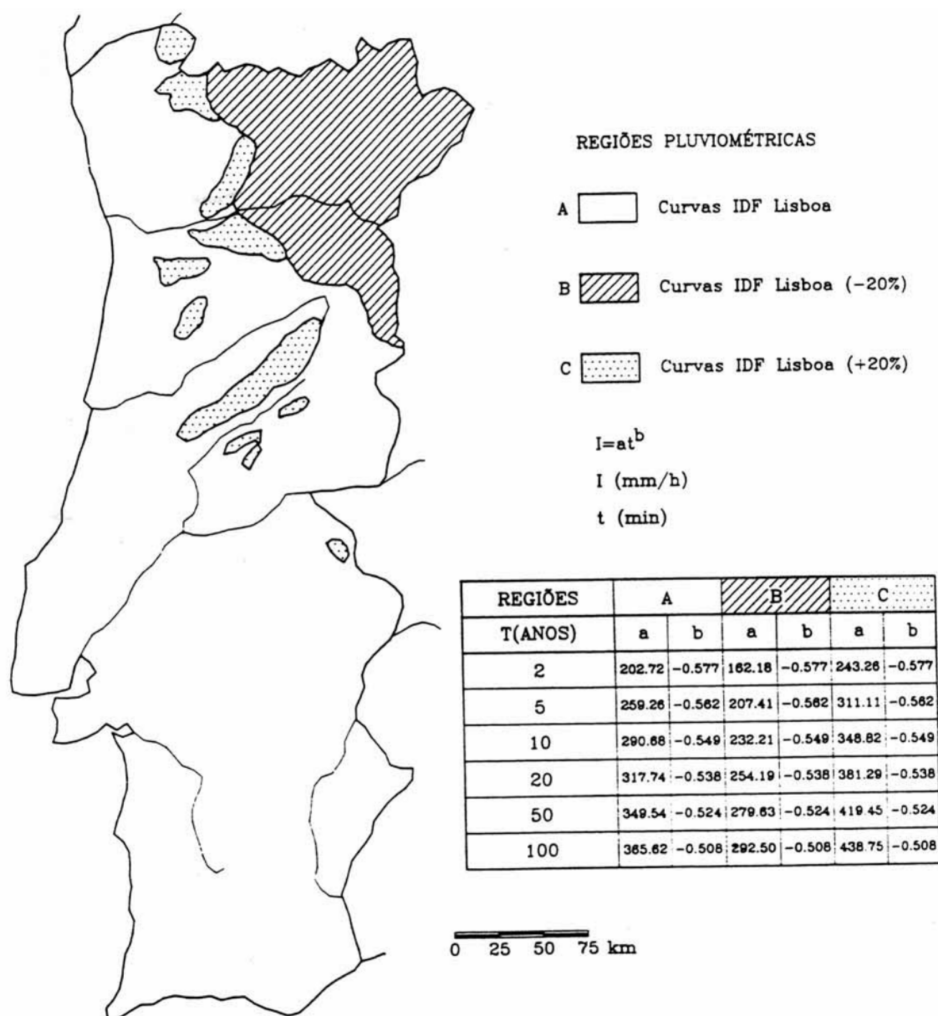
Tubos de Queda	Área Adstrita	Caudal Unitário	Coeficiente de Escoamento	Caudal de Cálculo	Diâmetro Exterior	Diâmetro Interior	Carga Máxima Admitida	Carga necessária para o caudal de	Verificação da capacidade de transporte do tubo queda adoptado		
	m <sup>2</sup>	l/min/m <sup>2</sup>		l/min	mm	mm			cm	cm	
TQ1	75,00	1,75	1,00	131	50	44,0	3,080	3,00	2,20	132,03	OK
TQ2	75,00	1,75	0,80	105	50	44,0	3,080	3,00	2,20	132,03	OK
TQ3	150,00	1,75	0,80	210	90	84,0	5,880	3,00	3,51	210,64	OK
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>

Fig: 11 - Tabela de Dimensionamento de Tubos de queda

- 1 – Tubo de queda – identificação dos tubos de queda conforme peças desenhadas;
- 2 – Área Adstrita – indicação da área em projecção horizontal de influência daquele tubo de queda;
- 3 – Caudal Unitário (l/min/m<sup>2</sup>) – representa a intensidade de precipitação. Deve ser obtido através de curvas de intensidade. A tradução das curvas baseadas em elementos estatísticos é traduzida através da fórmula  $I = a \cdot t^b$ , em que  $a$  e  $b$  são constantes dependentes do período de retorno.  $t$  representa a duração de precipitação. Os valores são distintos segundo a localização da obra. Portugal está dividido em 3 regiões, A, B, C.

Tabela 11 - Precipitação por zona

Região	Precipitação (l/min/m <sup>2</sup> )
A	1,75
B	1,40
C	2,10



Esta tabela, Tabela 11 representa os valores de precipitação para as diferentes áreas para um período de retorno de 5 anos e para uma duração de precipitação de 5 minutos.

- 4 – Coeficiente de Escoamento – representa o tipo e a inclinação relativa do terreno a drenar, como indica a Tabela 12.

Tabela 12 - Coeficientes de Escoamento

Tipo de terreno	Coeficiente de escoamento			
	Inclinação do terreno			
	0 a 1	1 a 1,5	1,5 a 8	Maior que 8
<b>Arenoso</b>	0,13	0,22	0,31	0,49
<b>Semiarenoso</b>	0,22	0,31	0,40	0,58
<b>Semicompacto</b>	0,31	0,40	0,49	0,70
<b>Compacto</b>	0,40	0,49	0,58	0,82
<b>Cobertura Ajardinada</b>	0,80			
<b>Coberturas e terraços</b>	1			

- 5 – Caudal de Cálculo (l/min) – é determinado através da expressão  $Q = C.I.A$ , isto é, a multiplicação do coeficiente de escoamento (C) pela intensidade de precipitação (I) e a área a drenar (A), explicados anteriormente;
- 6 - Diâmetro Exterior – nesta célula é introduzido o diâmetro comercial mais indicado para que a drenagem seja garantida. O acerto deste valor é ajudado pela coluna número 9;
- 7 – Diâmetro Interior – célula automática que corresponde ao valor do diâmetro interior do tubo escolhido na célula anterior;
- 8 – Carga Máxima Admitida – representa o valor de altura de água máxima para que o escoamento ocorra.  $H = 7/10.D$ , onde h representa a altura e D o diâmetro interno do tubo;
- 9 – Carga necessária para o Caudal – este valor é atribuído pelo projectista dependendo do dimensionamento da caleira;
- 10 - Verificação da capacidade de transporte do tubo queda adoptado – nestas células o valor apresentado é referente ao caudal transportável pelo tubo de queda para o diâmetro escolhido e com a carga acima descrita. Na célula 10 o caudal é calculado pela fórmula:

$$Q = \left( \alpha + \beta \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Onde:

Q- caudal escoado (m3/s);

H- carga no tubo de queda (m), (ponto 9);

D- Diâmetro interior do tubo de Queda;

g- aceleração da gravidade(m2/s);

α- 0,453, para entrada em aresta viva e 0,578 para entrada cónica

β- 0.350

A célula 11 representa a conversão para l/mim para depois efectuar a verificação final.

- 12 – Verificação – esta célula faz a comparação entre o valor do caudal de cálculo a transportar e o caudal que efectivamente o tubo de queda suporta. Se o caudal de cálculo for superior ao transportado aparece um “mal”, caso contrário aparece “Ok”;

### Colector

Troço		Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Área de Pavimento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Geodreno (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Área Adstrita Total (m <sup>2</sup> )	Caudal (l/s)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro Exterior (mm)	Diâmetro Interior (mm)	Caudal Secção Cheia (l/s)	K	Altura Lâmina Líquida Y (m)	Y/D	Velocidade (m/s)	Força Tractiva (N/m <sup>2</sup> )		
Jusante	Montante																			
CV1	CV2																			
		100	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	100	2,92	15	125	118,8	15,62	120	0,035	0,29	1,08	2,98	ok	
CV2	CVQG3																			
		100	1,00	20	1,00	0,00	0,50	120	3,50	13	125	118,8	14,54	120	0,040	0,33	1,08	2,87	ok	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

Fig: 12 - tabela de Dimensionamento de Colectores

- 1 e 2 – Troço – representa o troço de colector que está em análise. É identificado como o troço entre caixas de visita. Quando a diferença entre a cota de tampa e de soleira for superior a 0.5m, esta deve ser dotada de queda

guiada, pelo que a representação nos desenhos e nas tabelas é indicada como “CVQG”;

- 3, 5 e 7 – Áreas equivalentes (m<sup>2</sup>) – valores de área em projecção horizontal de influência daquele colector, respectivamente área de cobertura, pavimento e geodreno;
- 4, 6 e 8 – Coeficientes de escoamento – identificados nos tubos de queda bem como na Tabela 12;
- 9 – Área Total – representa o somatório das áreas pelos respectivos coeficientes de escoamento;
- 10 – Caudal de Calculo – representa a fórmula do Caudal de Cálculo,  $Q = C.I.A$ , anteriormente explicada;
- 11 – Inclinação – nesta célula é necessário indicar qual a inclinação do colector. Para tal, é fundamental que a rede esteja já definida com algum rigor a nível do levantamento das cotas por onde passa. É particularmente importante quando se trata da rede enterrada pois, para acompanhar a topografia do terreno por vezes é necessário aumentar as cotas de tampa e soleira de caixas de visita. Quando a tubagem passa por tectos falsos, normalmente trabalha-se com as inclinações mínimas para que a arquitectura ganhe cota. As inclinações dos colectores estão situadas entre os 10 e os 40 mm/m;
- 12 e 13 - Diâmetros - Os diâmetros comerciais têm de ser colocados manualmente, e o diâmetro interior é automático, à semelhança dos tubos de queda;
- 14 – Caudal Secção Cheia – calculado através da fórmula de Manning-Strickler, anteriormente exposta.
- 15 – K – Rugosidade da Tubagem ( $m^{1/3}.s^{-1}$ ) - valor tabelado referente ao atrito da parede interna com o escoamento. Estes valores são fornecidos pelos fabricantes;

- 16,17,18,19 e 20 – São calculados da mesma forma que para os colectores de drenagem de águas residuais.

## Capítulo 4: Descrição de alguns projectos

Durante os seis meses de trabalho foram alguns os projectos em que estive inserido. Abaixo encontram-se numerados todos os projectos.

- Centro Hospitalar de Coimbra;
- Moradia Manuel Vieira, Sta. Maria da Feira;
- Empreendimento Águas de Verão, Castelo Branco;
- Clínica Soyo, Angola;
- Talatona 2, Angola;
- Moradia Pedras Pretas e Prédio da Vila, Porto Santo;
- Moradia Ruínas 1, 2 e Mendinha, Algarve;
- Creche Associação de Massarelos, Porto;
- Creche na Rua Oliveira Monteiro, Porto;
- Centro de Formação do Sumbe, Angola;
- Quatro agências da Caixa Geral de Depósitos em Portugal;
- Uma agência do Standard Bank, Angola;
- Porto Welcome Center;
- Armazém na Rua do Açúcar, Lisboa;
- Edifício em Celas, Coimbra;
- Moradia na Calçada de Sto. Amaro, Lisboa;

Seguidamente vai ser descritos dois projectos completos e alguns pormenores de outros dignos também de atenção. Estes excertos de projecto vão ser referidos por apresentarem soluções menos correntes devido sobretudo a complexidade arquitectónica.

Como tal, o Projecto da Clínica do Soyo vai ser descrito com exaustão.

O sistema de drenagem de águas residuais e de combate a incêndio da Creche da Associação de Moradores de Massarelos, Porto são também dignos de comentário.

Outro exemplo a salientar é a drenagem de águas residuais do Edifício 10 do Centro de Formação de Cadetes de Angola a construir no Sumbe, Angola.

## Soyo – Clínica

Trata-se de um edifício a construir em Angola, mais concretamente no Soyo, sede de Município do Soyo, província do Zaire.

É um edifício multiuso que tinha como objectivo inicial a implantação de uma clínica com capacidade para 40 camas. Contudo, a meio do processo, foi comunicado por parte do Dono de Obra que este seria apenas um *Open-Space*, mantendo ainda assim as condições iniciais de dimensionamento, ou seja, a capacidade equivalente às 40 camas.

O edifício é constituído por quatro pisos. O piso térreo é todo amplo com excepção da localização da Zona Técnica. O piso 1 e 2 são iguais, amplos, apenas com uma instalação de serviço masculino e feminino. O último piso tem definido nove suites, lavandaria, copa e salas de jantar e estar. Na cobertura plana e acessível vão ser dispostos os aparelhos de AVAC. A envolvente exterior é constituída por um parque de estacionamento com capacidade para dezasseis automóveis e por uma zona técnica exterior. Esta zona técnica exterior vai albergar a portaria, os geradores e respectivos depósitos de combustível e uma zona dedicada a quadros eléctricos.

Em anexo encontram-se algumas plantas do projecto com as redes traçadas.

Devido ao edifício estar localizado num país onde as redes hidráulicas urbanas são inexistentes ou deficientes, é necessário tomar medidas específicas para garantir a qualidade de vida e o grau de conforto necessário aos futuros utilizadores deste espaço. Para tal, todo o projecto é desenvolvido com o objectivo de tornar o edifício o menos dependente possível das infra-estruturas públicas.

No que respeita à parte de hidráulica, a abordagem deste projecto vai ser dividida em várias fases, nomeadamente: definição das zonas técnicas, rede de abastecimento de água potável e de combate a incêndio, drenagem de águas residuais domésticas e pluviais.

### Zona técnica

### Dimensionamento de Depósitos de abastecimento de água.

Quando o espaço destinado à zona técnica o permite, deve optar-se por uma disposição com depósitos na periferia e a zona de bombas no interior com zona de manobras para melhor manutenção do equipamento. Este tipo de disposição não é habitual, embora achemos que seja a mais funcional para a geometria disponível, conforme indicam as Fig: 13 e Fig: 14:

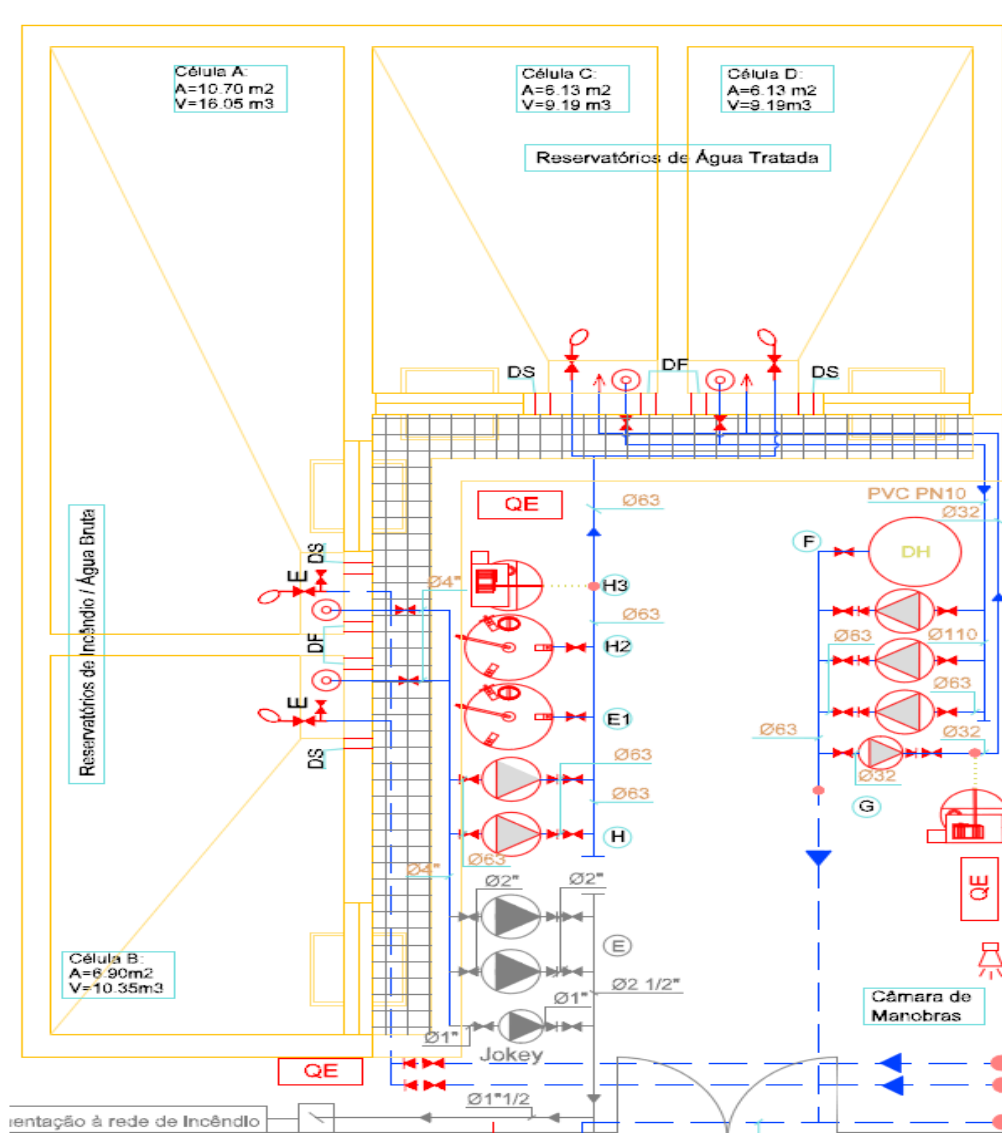


Fig: 13 - Planta sem escala da Zona Técnica

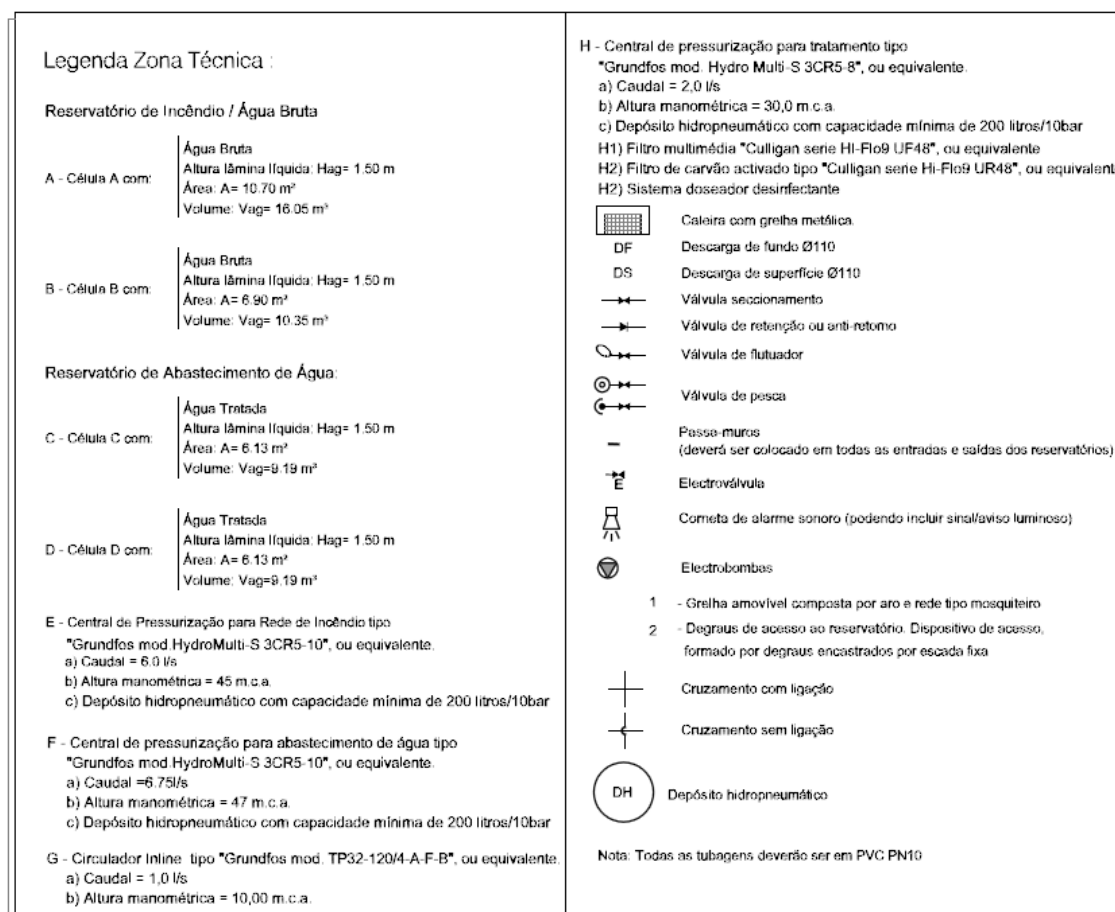


Fig: 14 - Legenda da Zona Técnica

Esta disposição permite que o reservatório de água bruta sirva para abastecimento de água de incêndio e de água não tratada. Assim, permite uma maior quantidade de água armazenada, visto o abastecimento da rede pública ser muito deficiente, bem como em caso de incêndio as condições de segurança são garantidas.

A adução aos depósitos de água bruta é feita através da rede Pública e, como medida auxiliar, foi criada uma linha de abastecimento por camião cisterna com todas as características afectas a este tipo de processos.

Método de cálculo:

O cálculo do volume dos reservatórios foi feito através do somatório das parcelas de incêndio e de abastecimento de água potável. Foi indicado pelo dono de obra que o edifício tinha de ter autonomia para três dias sem abastecimento público. Em relação às reservas de água para combate a incêndio foi seguido o regulamento português que obriga a ter caudal suficiente para alimentar quatro carretéis ao mesmo tempo com 1.5 l/s durante uma hora. Como tal:

Abastecimento - 40 ocupantes x 150 l/d = 6000 l/d → 3\*6000 l/d → 18000 l → 18m<sup>3</sup>

Incêndio – 4x1.5 l/s x 3.6 → 21.6 m<sup>3</sup> ≈ 25 m<sup>3</sup>

Capacidade total ≈ 43 m<sup>3</sup> ≈ 45 m<sup>3</sup>

Dividindo em quatro células ≈ 11.5 m<sup>3</sup>

A fotografia referente à zona técnica com respectiva legenda é demonstrativa dos volumes dedicados a cada célula.

Foi criado um canal grelhado que reúne as águas provenientes das descargas de fundo e de superfície e que as encaminha para um poço drenante criado à entrada do lote.

O acesso à zona técnica é feito por uma porta de folha dupla para a eventual necessidade de movimentar alguma máquina. No caso da ocorrência de algum problema dentro do compartimento, existe um sistema definido pela especialidade de Electricidade que dá o alerta através de uma sirene sonora e um aviso luminoso na portaria do edifício.

As indicações construtivas dos reservatórios seguiram todas as exigências do regulamento português, embora haja algumas simplificações que foram assumidas, nomeadamente a faixa de circulação mínima de 0.50m à volta dos depósitos que não foi considerada e a ligação à caixa de visita mais próxima que excede os 15 metros regulamentares.

Ligados a estes reservatórios estão dois grupos de electrobombas, um para tratamento de água, e outro para combate a incêndio.

Os grupos hidropressores presentes nesta zona técnica têm sempre características redundantes e uma bomba de reserva. As bombas são de velocidade variável, o que é vantajoso para o cliente devido ao menor custo de aquisição e de manutenção, pois as próprias bombas trabalham quando são necessárias e à velocidade necessária para cumprir os requisitos traçados de pressão e caudal.

## **Sistema de tratamento de água**

O tratamento de água para consumo consiste na passagem da água bruta por quatro sistemas de tratamento distintos: filtro de cabelos, filtro multi-média, filtro de carvão activado e pela adição de um desinfectante.

O filtro de cabelos serve para retirar os cabelos e partículas com alguma dimensão. Este filtro faz normalmente parte do equipamento hidropressor e é instalado a jusante do mesmo.

O segundo passo para o tratamento de água é a passagem por um filtro multi-média, sendo que este consiste em multi-camadas de seixos rolados de vários tamanhos, quartzo e antracite. Este filtro retém partículas sólidas em suspensão até 15 microns. Este equipamento consiste num cilindro de fibra de vidro ou aço, consoante as dimensões e caudais a tratar.

Este tipo de sistemas tem a vantagem de ter auto-limpeza. A auto-limpeza deste silo consiste no remeximento dos sólidos interiores e deposição por ordem de densidades, voltando assim ao funcionamento em pleno. A simplicidade e fiabilidade do equipamento são pontos fortes para a escolha deste sistema na purificação de água, quer em países desenvolvidos, quer em países em desenvolvimento, como são os do Continente Africano, onde a mão-de-obra qualificada é residual.

Após a remoção das partículas sólidas em suspensão, há que passar a água por um filtro de carvão activado para que o processo de adsorção<sup>1</sup> se inicie.

A adsorção consiste numa reacção química em que gases e odores ficam parcial ou totalmente retidos nas paredes dos alvéolos do granulado do carvão activado. É portanto um fenómeno de contacto. O tipo de carvão activado mais utilizado é de forma granulada devido a melhores características hidráulicas e de manuseio, apesar de ser mais caro que a versão em pó.

O carvão activado vai adsorver a possível cor (partículas húmidas - bactérias); sabor – algas e bactérias; odores – matéria orgânica; fenóis e cresóis – álcoois ácidos;

O carvão tem na sua estrutura muitos poros pelo que quando a água passa as partículas acima definidas vão ficando agarradas às superfícies dos poros. Tal característica torna o carvão um óptimo filtro, contendo na sua estrutura entre 200 a 1000m<sup>2</sup>/g. Se o carvão for activado por queima controlada e por vapor de H<sub>2</sub>O ou de CO<sub>2</sub>, a sua superfície interior passa para valores que rondam os 2500 m<sup>2</sup>/g. Uma

---

<sup>1</sup> Processo de eliminação de substâncias húmidas, sabores, odores, fenóis, cresóis e diversos compostos tóxicos não biodegradáveis. – **tratamento de águas residuais.**

preocupação acrescida para o bom funcionamento de filtro é a temperatura a que este se encontra. A temperatura circundante ao filtro deve estar compreendida entre os 20°C e os 30°C para que a reacção química seja a ideal. Acima destes valores o rendimento do filtro diminui.

Após este tratamento a água passa por um dispensador de cloro. Este dispensador automático vai desinfetar a água eliminando microrganismos nocivos para a saúde dos consumidores. A adição de cloro à água tem como principais aspectos positivos a inactividade de um largo espectro de organismos patogénicos com pequenas concentrações a um custo acessível. Por outro lado, os aspectos negativos ligados ao manuseio do cloro prendem-se pela reacção a substâncias orgânicas presentes na água originando produtos residuais, bem como o excesso de cloro provocar sabor e odor desagradáveis na água. O seu manuseio por parte dos funcionários de manutenção deve obedecer a certas regras pois o cloro em concentrações elevadas pode trazer problemas de pele e em estado gasoso pode trazer problemas respiratórios.

Para impulsionar a água a passar entre células e a passar por todos os estágios de tratamento, o grupo hidropressor utilizado foi da marca Grundfos modelo Hydro Multi-S 3CR5-8. O dimensionamento desta bomba foi feito considerando um caudal de 2 l/s, que é um razoável para o enchimento dos depósitos, e com uma altura manométrica de 30 m.c.a, pois a perda de carga dentro dos filtros é bastante elevada, cerca de 10 m.c.a.. Após o estudo do caudal e da altura manométrica a atingir, recorri ao software disponibilizado pela marca Grundfos para encontrar o modelo necessário. Nas peças escritas e desenhadas deste projecto a referência a esta bomba é feita dando sempre a possibilidade ao instalador/ dono de obra para alterar a marca desde que as características de funcionamento sejam mantidas.

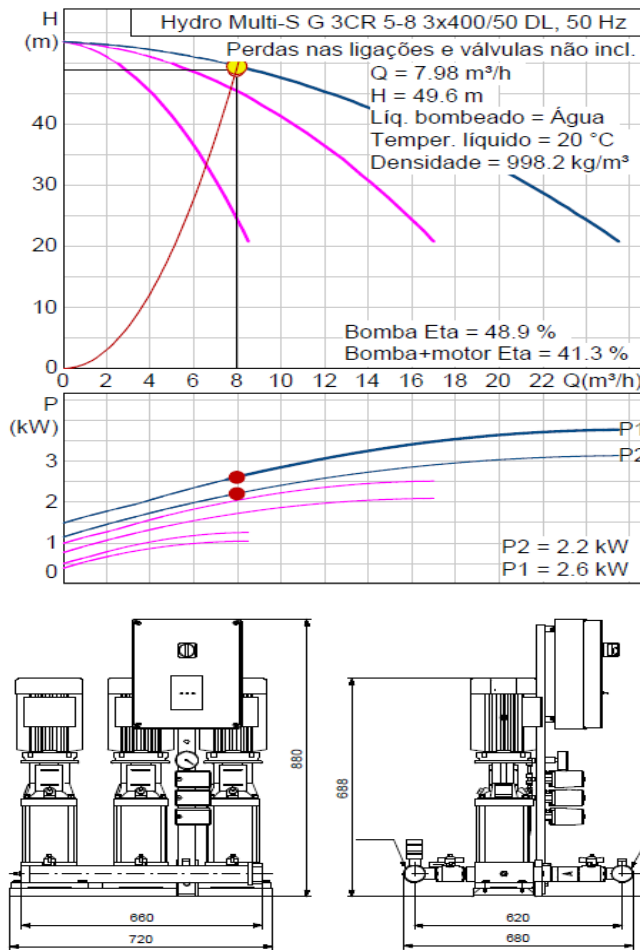


Fig: 15 - Esquema de funcionamento das bombas de tratamento de água

Após este tratamento as águas são então encaminhadas para as células C e D, onde estão aptas a consumo humano.

## Redes prediais

### *Abastecimento de água*

Para alimentar o edifício de água potável existe um grupo hidropressor que pressuriza a água até uma altura manométrica suficiente para o correcto abastecimento e garantindo uma pressão de água no aparelho mais desfavorável na ordem do 2.0 Bar. Para verificar se os níveis de cloro são aceitáveis, a água antes de ascender à coluna montante passa por um outro dispensador automático de cloro que a re-circula e controla antes da chegada ao consumidor. Este processo, recorre a uma pesca no tubo abastecedor que passa por um doseador, este faz a leitura e retifica as concentrações.

Para se iniciar o dimensionamento da rede começa-se então por numerar todos os acessórios e todas as intercepções. De uma maneira mais rápida podemos simplificar o processo numerando apenas as intercepções, calculando a tubagem dentro dos compartimentos numa fase posterior. Na folha de cálculo são inseridos os troços indicados com os números de montante e jusante e os respectivos caudais acumulados. O comprimento do troço também é indicado para determinação das perdas de carga. Os caudais de cálculo foram calculados para um grau de conforto médio.

As explicações da folha de cálculo de abastecimento de água são descritas em capítulo próprio.

Hauteville Imobiliária, Lda. Clínica Soyo, Angola														INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS REDE DE ABASTECIMENTO DE <b>ÁGUA QUENTE</b>					
Troço	Jusante	Montante	Caudal		Velocidade Máxima m/s	Admitida Diâmetro mm	Necessário Diâmetro ext	Comercial (mm) int	Velocidade m/s	Comprimento Real m	Comprimento de Cálculo m	Nº Reynolds RE	Factor Perda de Carga l	Perda Unitária mm/m	Perda Total m.c.a.	Desnível Geométrico m.c.a.	Perdas de Carga Localizadas m.c.a.	Pressão a Montante m.c.a.	Pressão a Jusante m.c.a.
			Acumulado l/s	Cálculo l/s															
1	3	0,25	0,250	1,500	14,57	25	16,60	1,16	7,47	8,96	38351	0,02394	98,092	0,88				20,88	20,00
2	3	0,25	0,250	1,500	14,57	25	16,60	1,16	3,72	4,46	38351	0,02394	98,092	0,44				20,88	20,44
3	5	0,50	0,383	1,500	18,03	32	21,20	1,09	3,45	4,14	46012	0,02282	64,601	0,27				21,15	20,88
4	5	0,25	0,250	1,500	14,57	25	16,60	1,16	3,72	4,46	38351	0,02394	98,092	0,44				21,15	20,71
5	7	0,75	0,472	1,500	20,01	32	21,20	1,34	10,49	12,59	56667	0,02201	94,539	1,19				22,34	21,15
6	7	0,25	0,250	1,500	14,57	25	16,60	1,16	3,75	4,50	38351	0,02394	98,092	0,44				22,78	22,34
7	8 (TE)	1,00	0,547	1,500	21,55	40	26,60	0,98	3,36	4,03	52356	0,02200	40,832	0,16		3,50	26,44	26,44	22,78

Hauteville Imobiliária, Lda. Clínica Soyo, Angola														INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS REDE DE ABASTECIMENTO DE <b>ÁGUA FRIA</b>					
Troço	Jusante	Montante	Caudal		velocidade Máxima m/s	Admitida Diâmetro mm	Necessário Diâmetro ext	Comercial (mm) int	Velocidade m/s	Comprimento Real m	Comprimento de Cálculo m	Nº Reynolds RE	Factor Perda de Carga l	Perda Unitária mm/m	Perda Total m.c.a.	Desnível Geométrico m.c.a.	Perdas de Carga Localizadas m.c.a.	Pressão a Montante m.c.a.	Pressão a Jusante m.c.a.
			Acumulado l/s	Cálculo l/s															
1	3	0,30	0,300	1,500	15,96	25	16,60	1,39	22,50	27,00	19837	0,02723	160,628	4,34				24,93	20,59
2	3	0,30	0,300	1,500	15,96	25	16,60	1,39	2,50	3,00	19837	0,02723	160,628	0,48				24,93	24,45
3	4	0,60	0,421	1,500	18,90	32	26,20	0,78	36,17	43,40	17624	0,02750	32,572	1,41				26,35	24,93
4	36	0,60	0,421	1,500	18,90	32	26,20	0,78	3,70	4,44	17624	0,02750	32,572	0,14	3,70			30,19	26,35
5 (TE)	7	1,60	0,696	1,500	24,31	32	26,20	1,29	3,40	4,08	29169	0,02465	79,973	0,33				30,52	30,19
6	7	0,10	0,100	1,500	9,21	16	10,60	1,13	3,00	3,60	10355	0,03207	197,992	0,71				30,52	29,80
7	11	1,70	0,718	1,500	24,69	32	26,20	1,33	4,22	5,07	30091	0,02449	84,569	0,43				30,94	30,52
8	10	0,30	0,300	1,500	15,96	25	16,60	1,39	3,50	4,20	19837	0,02723	160,628	0,67				30,83	30,16
9 (TE)	10	0,15	0,150	1,500	11,28	20	13,20	1,10	1,72	2,06	12473	0,03044	141,236	0,29				30,83	30,54

Fig: 16 - Tabelas demonstrativas de dimensionamento da rede de água

Após o dimensionamento de toda a rede incluindo o acumular das perdas de carga, começando no ponto mais desfavorável até à fonte de alimentação que neste caso é o grupo hidropressor, chegamos então aos valores de dimensionamento das bombas. Neste projecto o caudal de cálculo necessário para o edifício é de 4 l/s e uma altura manométrica de 47 m.c.a. Após consulta do catálogo da Grundfos o grupo hidropressor escolhido consiste em três bombas “Hydro Multi-S com bombas 3CR5-10” com uma auxiliar de reserva. Abaixo encontra-se a curva representativa da bomba.

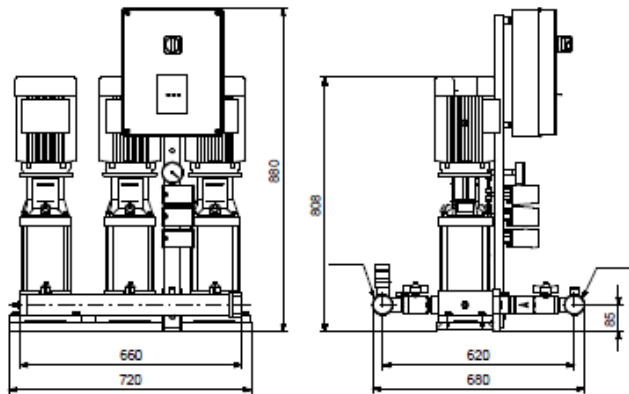
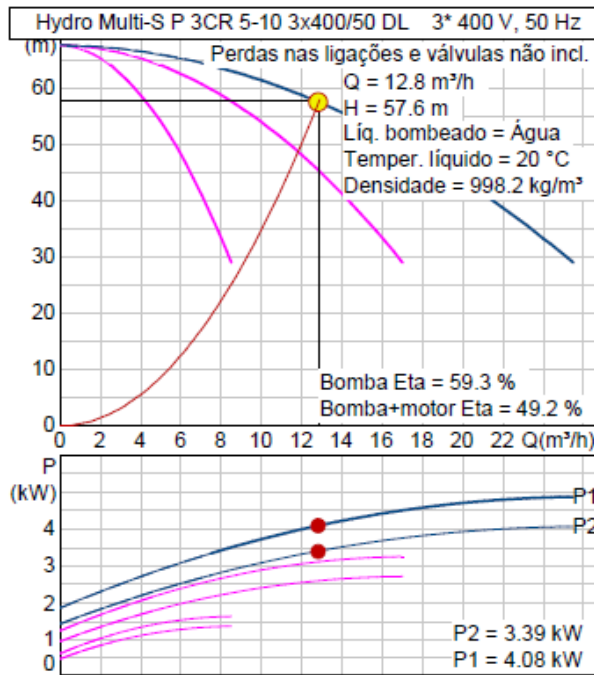


Fig: 17 - Esquema de funcionamento das bombas de abastecimento de água potável

Para avaliar o comportamento da bomba, para além das condições iniciais terem de ser respeitadas, o rendimento da mesma deve ser relativamente elevado para que o equipamento não seja subdimensionado, conduzindo a maiores custos quer de aquisição quer de manutenção.

O abastecimento de água ao edifício é feito por tubagem em polipropileno reticulado com tubagem suspensa pelo tecto. Ao nível das instalações sanitárias o tubo desce e é aplicado em roços pelas paredes.

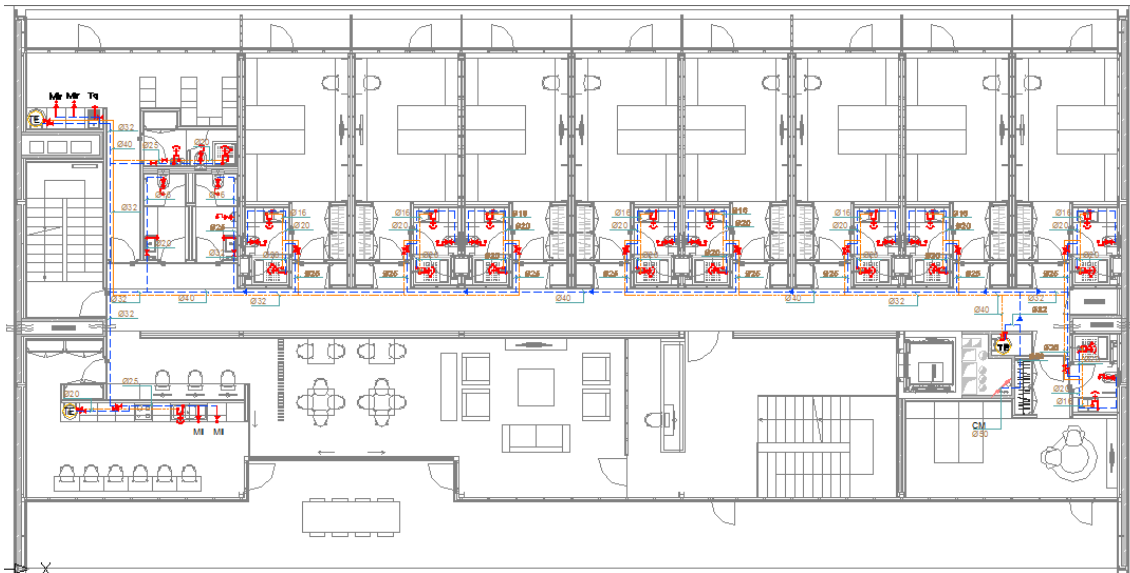


Fig: 18 - Planta do Piso 3 com representação da Rede de Abastecimento de Água Fria e Quente

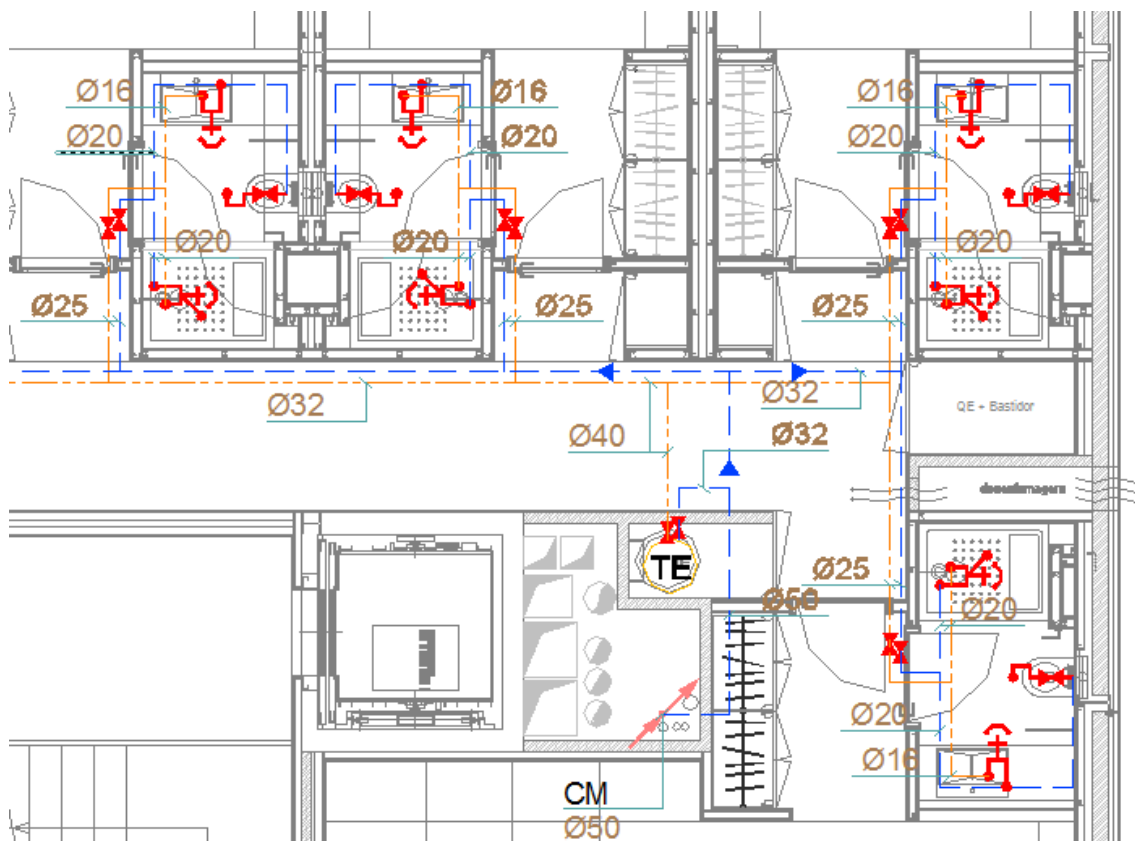


Fig: 19 - Pormenor da Rede de Abastecimento no Piso 3

No andar de habitação situado no último andar optou-se pelo aquecimento das águas sanitárias através de termoacumulador eléctrico. O aquecimento das águas foi dividido em três zonas, duas para quartos e uma dedicada à copa. Os aparelhos destinados

aos quartos têm a capacidade de 200 litros, sendo que um abastece quatro quartos e o outro três quartos e as instalações sanitárias do pessoal técnico. Para a copa foi destinado um aparelho com capacidade de 80 litros. A localização exacta do termoacumulador, situado à esquerda da planta, foi extremamente polémica pois não foi prevista pela arquitectura. Acabámos por colocá-lo numa consola por cima da corete. A arquitectura não queria mexer nas dimensões dos quartos, pelo que esta foi a única solução aceite por todos os intervenientes do projecto, conforme imagem abaixo.

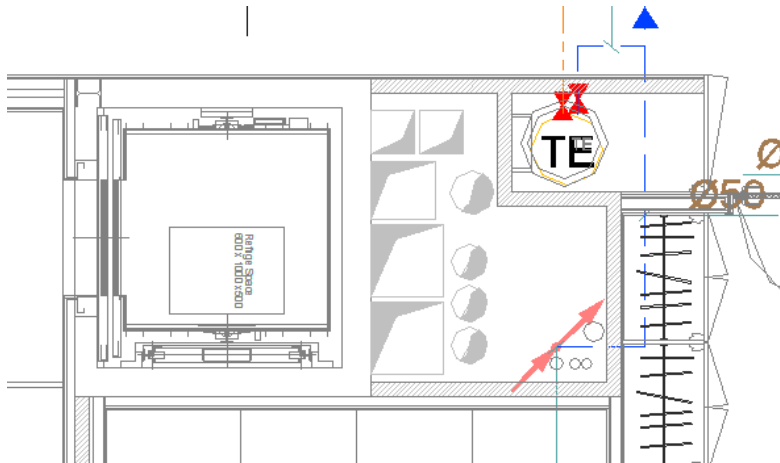


Fig: 20 - Pormenor da Courete atrás do poço do elevador

Foram colocadas torneiras de serviço na cobertura para limpeza dos equipamentos mecânicos. De notar que os caudais destas torneiras não foram previstos no cálculo da rede, visto que se considera que estas funcionam ocasionalmente e normalmente a horas diferentes das de pico.

**Rede de Combate a Incêndio**

No que respeita à instalação de Combate a Incêndio, o grupo hidropressor aspira a água directamente do reservatório de água bruta para alimentar os carretéis. As bocas-de-incêndio foram colocadas em locais estratégicos dentro do edifício, sempre em zonas junto de abrigos estanques, como os poços das escadas. As bocas-de-incêndio tipo carretel deverão cumprir com a norma EN-671-1, nomeadamente incluir mangueiras semi-rígidas de 25m, diâmetro nominal de 25mm e agulheta de 3 posições (fechado, jacto, nevoeiro), armário metálico devidamente sinalizado, com visor transparente, estrutura de suporte para o armário, válvulas de seccionamento seladas e com manómetro a montante.

A tubagem de incêndio, à semelhança das outras redes, desenvolve-se pelo tecto falso descendo apenas para alimentar os carretéis. A tubagem de incêndio é feita em aço galvanizado da serie média pintado de vermelho, cumprindo a Norma EN 10255. A rede de incêndio é calculada do mesmo modo que a de abastecimento, com a elaboração de um esquema da rede numerada e garantindo o caudal de 1.5 l/s por carretel com uma pressão mínima de 2.5 Bar.

Hauteville Imobiliária, Lda.										FOLHAS DE CÁLCULO									
Clínica Sogo, Angola										Instalações Hidráulicas Prediais									
Instalações de Combate a Incêndios																			
Troço	Nº Bocas Incêndio	Caudal	Velocidade Máxima	Diâmetro Necessário	Diâmetro Comercial (mm)	Velocidade	Comprimento Real	Comprimento de Cálculo	Nº Reynolds	Factor Perda de Carga	Perda Unitária	Perda Total	Totais	Desnivel Geométrico	Perdas de Carga	Pressão a Montante	Pressão a Jusante		
Jusante	Montante	l/s	l/s	m/s	mm	ext	int	m	RE	l	mm/m	m.c.a.	m	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.		
1	5	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	19,24	23,09	40497	0,02279	70,065	1,62	1,62	3,70	30,32	25,00
2	4	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	28,51	34,21	40497	0,02279	70,065	2,40	2,40		29,09	26,69
3	4	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	5,35	6,42	40497	0,02279	70,065	0,45	0,45		29,09	28,64
4	5	2	3,00	3,00	2,500	39,09	40	41,90	2,18	8,73	10,48	69590	0,02043	117,645	1,23	1,23		30,32	29,09
5	9	3	4,50	4,50	2,500	47,87	50	53,10	2,03	3,70	4,44	82368	0,01962	77,744	0,35	0,35	3,70	34,36	30,32
6	8	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	28,51	34,21	40497	0,02279	70,065	2,40	2,40		34,36	31,97
7	8	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	5,35	6,42	40497	0,02279	70,065	0,45	0,45		34,36	33,91
8	9	2	3,00	3,00	2,500	39,09	40	41,90	2,18	8,73	10,48	69590	0,02043	117,645	1,23	1,23		35,60	34,36
9	13	4	6,00	6,00	2,000	61,80	65	68,90	1,61	5,83	7,00	84639	0,01933	37,027	0,26	0,26	3,70	39,55	35,60
10	12	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	28,51	34,21	40497	0,02279	70,065	2,40	2,40		38,14	35,74
11	12	1	1,50	1,50	1,500	35,68	32	36,00	1,47	1,80	2,16	40497	0,02279	70,065	0,15	0,15		38,14	37,99
12	13	2	3,00	3,00	2,500	39,09	40	41,90	2,18	10,03	12,04	69590	0,02043	117,645	1,42	1,42		39,55	38,14
13	BOMBA	4	6,00	6,00	2,000	61,80	65	68,90	1,61	2,00	2,40	84639	0,01933	37,027	0,09	0,09	5,00	44,64	39,55

Fig: 21 -Tabelas demonstrativas de dimensionamento da rede de incêndio

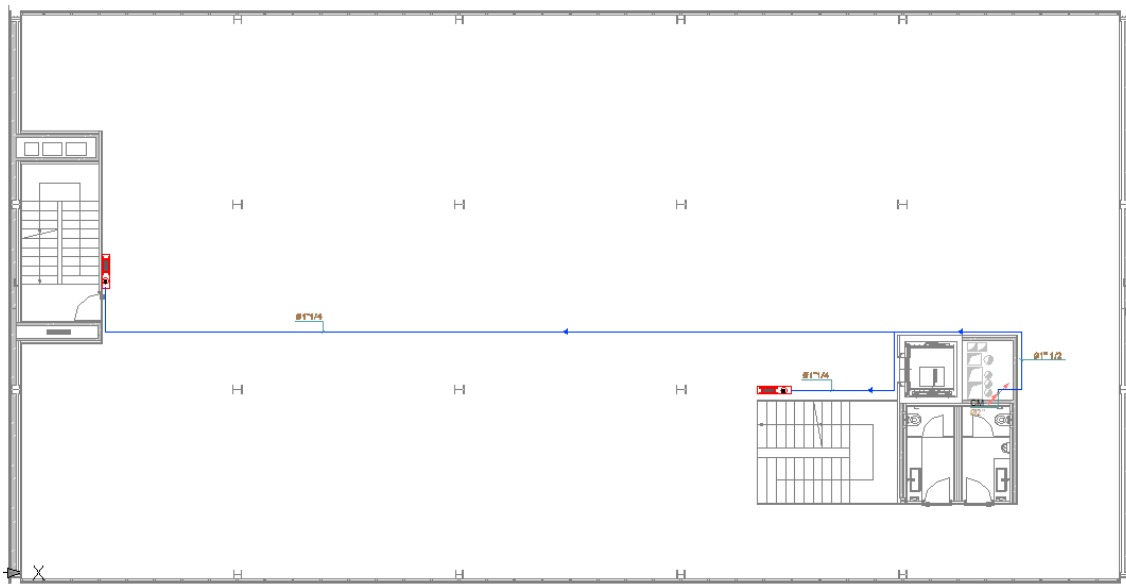


Fig: 22 - Planta do Piso 1 e 2 com traçado da Rede De Combate a Incêndio

Assim, o caudal de cálculo e a altura manométrica para o dimensionamento das bombas são respectivamente 6 l/s e 44.64 m.c.a.

Após a consulta do catálogo da Grundfos, o equipamento mais viável para cumprir com o dimensionado é “Hydro Multi-S com bombas 3CR5-10”.

Outro elemento que consta do sistema de combate a incêndio é a presença do “jockey”. Esta é uma pequena bomba com grande capacidade manométrica com um caudal relativamente pequeno.

Como o edifício se desenvolve em altura e a pressão da rede é dúbia, é necessário que a rede de incêndio armada, como o nome indica, esteja em constante pressão. Com tal, para garantir a pressão na rede de incêndio é instalada uma bomba do tipo jockey. Esta imprime pressão na rede sem que as bombas principais se activem. Este sistema permite uma poupança grande a nível energético e de desgaste das bombas e material. Isto porque, se as bombas principais entrassem em constante funcionamento para criar pressão na rede, a tubagem era sujeita a grandes picos de pressão e ao sub-esforço das bombas.

Em caso de disparo de algum alarme as bombas principais entram em serviço fornecendo os caudais dimensionados e desligando o jockey.

A bomba tipo jockey é também da marca Grundfos modelo CR 3-15 A-A-A-E HQQE, cuja curva característica da mesma se apresenta abaixo na Fig: 23.

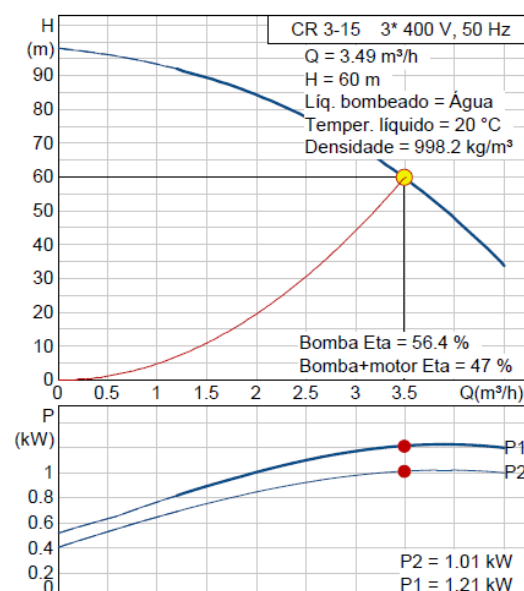


Fig: 23 - Curva característica da bomba tipo Jockey

Apesar do edifício se situar em Angola, os regulamentos aplicados são os Portugueses, embora com algumas alterações que eu e o meu grupo de trabalho achámos viáveis, sem prejudicar a segurança e o normal funcionamento das redes prediais. Exemplos disso são as características de funcionamento das bombas de Combate a Incêndio.

A Norma Portuguesa, Norma Espanhola CEPREVEN e Americana NFPA 20, obriga, entre outros aspectos, a que as bombas sejam de eixo horizontal, velocidade fixa, alimentadas a gerador diesel e de desactivação manual. O escolhido pela A400 responde a todas as necessidades em caso de incêndio, é mais barato, mais polivalente e é mais compacto a nível físico, sem menosprezar a segurança e eficácia numa situação de incêndio.

### *Drenagem de Águas Residuais Domésticas*

Em relação à drenagem de águas residuais domésticas, a solução proposta passa por um colector suspenso no tecto do piso inferior à zona dos quartos que liga aos tubos de queda e que por sua vez os transporta para uma mini -ETAR que será pormenorizada mais à frente.

Um problema que surgiu ao nível da concepção da rede foi a localização dos tubos de queda. A arquitectura abriu duas coretes de grandes dimensões, uma atrás da caixa de elevadores, como demonstra a Fig: 20, e outra atrás da escada. Era exigência do arquitecto que todos os tubos e condutas passassem por esses elementos. A dificuldade esteve na organização dos tubos de queda, tubos de abastecimento de águas de consumo e extinção de incêndio e as enormes condutas de AVAC, para além da posição do Termoacumulador. Como tal, os tubos destinados a águas foram colocados no canto ficando agarrados ao paramento através de grampos e abraçadeiras metálicas.

O dimensionamento dos ramais de descarga individuais foi calculado para secção cheia pois estes apenas ligam o aparelho até à caixa de pavimento, à excepção das bacias de retrete que ligam directamente ao colector suspenso no andar inferior. Após a reunião das águas nas caixas de pavimento, estas passam por uma tampa de varejamento que vai ajudar a “ganhar” cota de ligação ao colector suspenso.

Os diâmetros dos colectores suspensos foram calculados com o auxílio das folhas de cálculo através do somatório dos caudais afluentes dos aparelhos a montante e pela fórmula de Manning-Strickler. O escoamento considerado é o escoamento em meia secção. Mais à frente deste relatório as folhas de cálculo vão ser explicadas com exactidão.

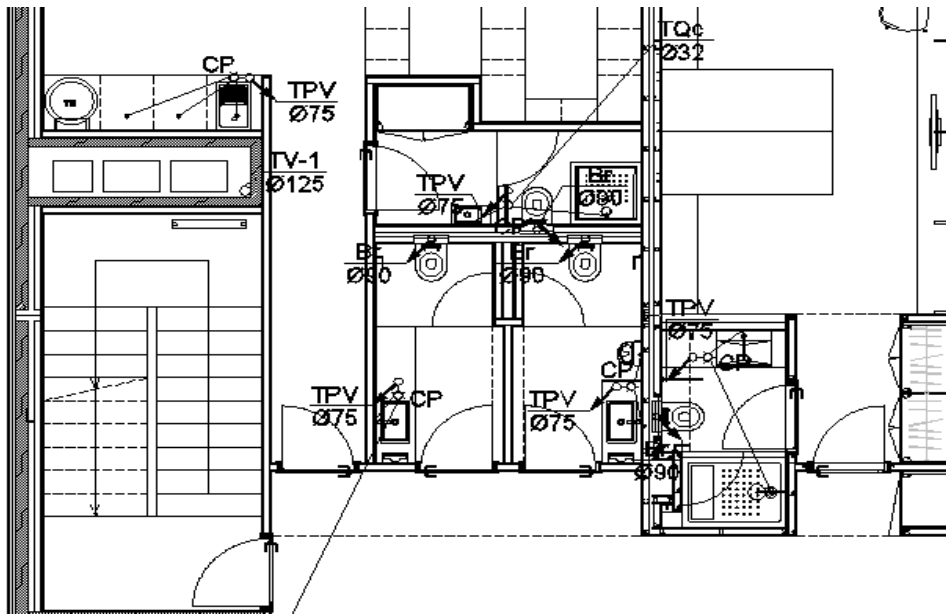


Fig: 24 – excerto da planta do piso 3, com identificação dos ramais individuais e colectivos

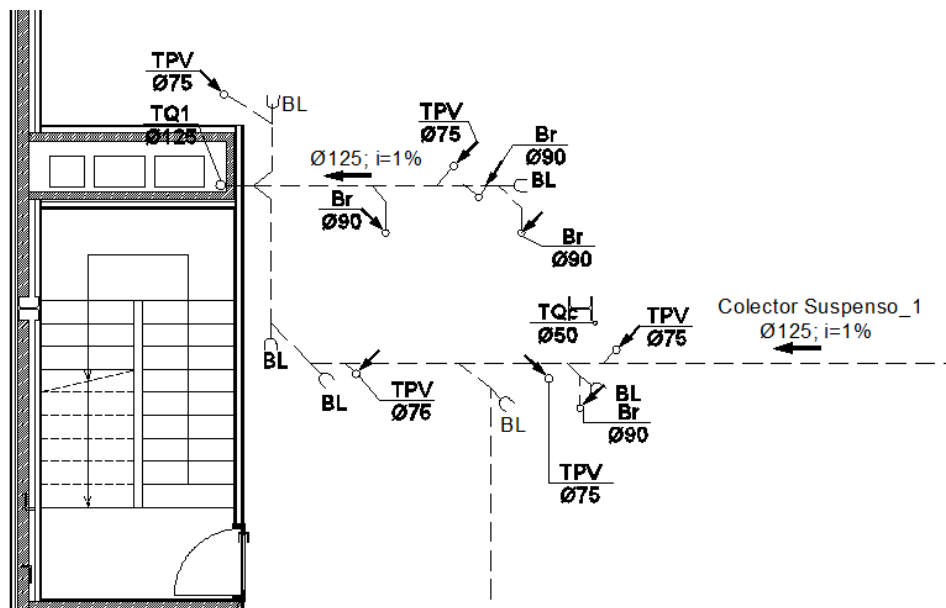


Fig: 25 - Excerpto da planta do tecto do piso 2, com ligações ao colector suspenso

Os colectores enterrados seguem o mesmo princípio dos colectores suspensos. O que vai ligar a rede suspensa à rede enterrada são os tubos de queda através de curvas de concordância.

Os tubos de queda são calculados também com o auxílio das folhas de cálculo. Como a solução aplicada não necessita de ventilação secundária, os tubos de queda foram

calculados para uma taxa de ocupação inferior a um terço do caudal a escoar. A ventilação é assegurada pelo prolongamento dos tubos de queda até à cobertura.

Hauteville Imobiliária, Lda. Clínica Soyo, Angola			INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS TUBOS DE QUEDA					
Designação	Dispositivos		Caudal (l/min)		Caudal (l/s)	Diâmetro Exterior (mm)	Taxa de Ocupação	Caudal Máximo Admitido
	Tubo de	Tipo	N.º	Acumulado	Cálculo			
TQ1								
	Lv	6	180					
	Bd							
	Ch	4	120					
	Ba							
	Br	6	540					
	Mi	1	60					
	Ll	1	30					
	Ml	2	120					
	Mr	2	120					
	Tq	1	60					
			1230	331	5,52	125	1/6	332

Fig: 26 - Tabela de Dimensionamento de tubos de queda

Hauteville Imobiliária, Lda. Clínica Soyo, Angola						INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS COLECTORES									
Troço		Dispositivos		Caudal (l/min)		Caudal de Cálculo (l/s)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro Exterior (mm)	Diâmetro Interior (mm)	Caudal a meia secção (l/s)	K	Altura Lâmina Líquida Y (m)	Y/D	Velocidade (m/s)	Força Tractiva (N/m <sup>2</sup> )
Jusante	Montante	Tipo	N.º	Acumulado	Cálculo										
SUSPENSO_1															
		Lv	6	180											
		Bd													
		Ch	4	120											
		Ba													
		Br	6	540											
		Mi	1	60											
		LL	1	30											
		ML	2	120											
		Mr	2	120											
		Tq	1	60											
				1230	329	5,49	10	125	118,80	6,38	120	0,05	0,46	1,11	2,81

Fig: 27 - Tabela de Dimensionamento de Colectores

De referir que a recolha dos afluentes das instalações sanitárias presentes nos pisos 1 e 2 é feita por tubagem embecida no pavimento e com ligação directa ao tubo de queda. A rede de tubos de queda que recolhe estas águas é separativa, ou seja, existe uma prumada para águas cinzentas e outra para águas negras, para evitar entupimentos e para facilitar as ligações. Não existem acessórios em PVC que permitam ligações ao mesmo tubo com ângulos inferiores a 45°.

As inclinações da tubagem suspensa e enterrada podem oscilar entre os 1% e os 4%, embora a nível de cálculo se tenha constatado que não é necessário aumentar as inclinações, trabalhando sempre com inclinações de 1%.

O colector suspenso está munido de bocas de limpeza em todas as mudanças de direcção, no mínimo de 15 em 15 metros e sempre quando há grande densidade de ligações.

No que respeita às caixas de visita, estas são instaladas em pontos estratégicos de modo a conduzir as águas para a estação de tratamento. Foi evitado ao máximo o posicionamento de caixas de visita dentro do edifício embora por vezes, devido à localização dos tubos de queda, estas sejam inevitáveis, como se pode constatar na Fig: 28.

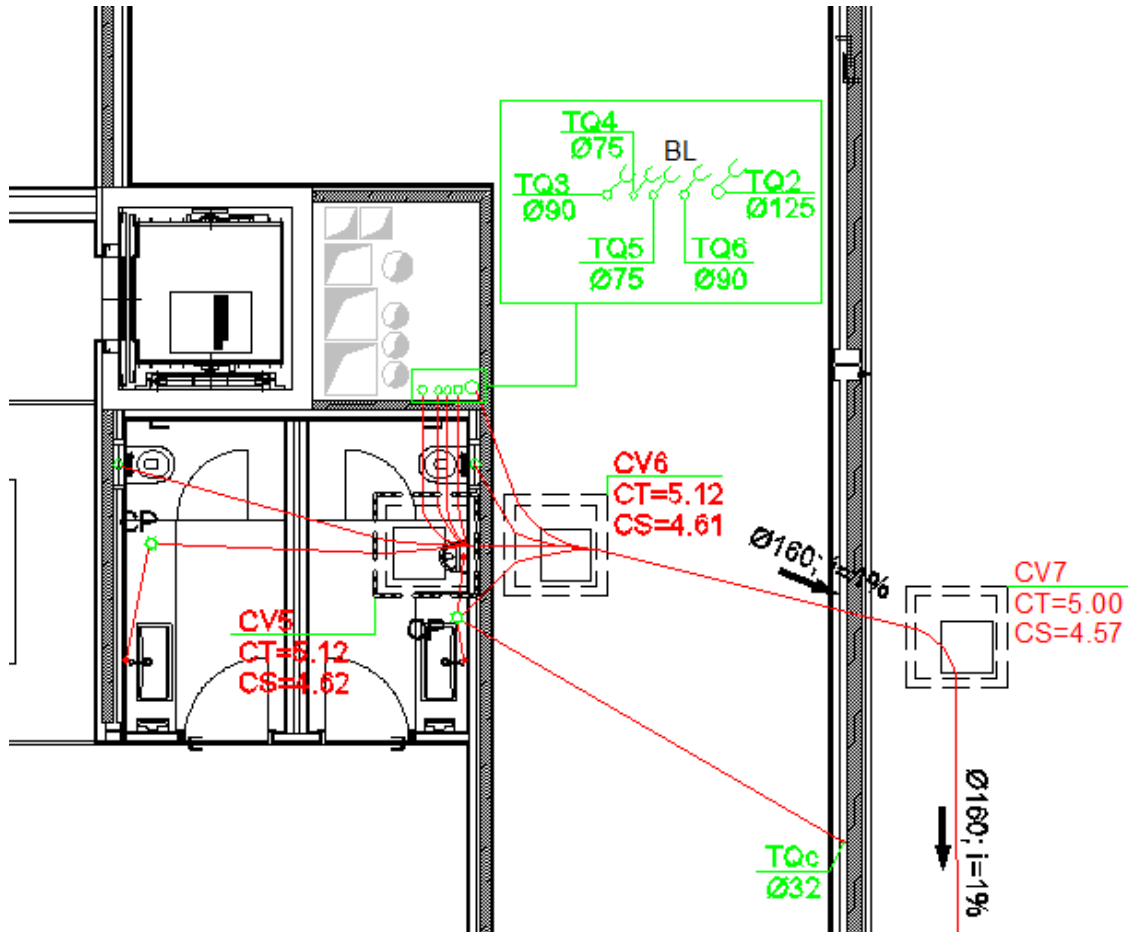


Fig: 28 - Localização de algumas caixas de visita com ligação à ETAR

A necessidade de uma caixa de visita (CV5) dentro da IS foi inevitável pois a disposição dos tubos de queda assim o obrigou. A (CV6) encontra-se dentro do corredor de acesso à zona técnica, o que em caso de manutenção não afecta o normal funcionamento do edifício. De notar que a obrigatoriedade de ligar os afluentes da IS do piso térreo dá-se directamente à caixa de visita.

Nesta zona ainda foi posta a possibilidade de projectar uma caixa de visita com uma área de implantação igual à indicada na Fig: 28, com apenas uma entrada. Essa entrada estaria na zona do corredor mas, devido à afluência de caudais, por questões

de comodidade e fiabilidade no sistema, optámos por colocar as duas caixas de visita com acessos distintos.

Após a recolha de todos os afluentes, estes são então encaminhados para o exterior do edifício.

Como naquela zona ainda não existe rede pública de colectores foi necessário prever uma zona de tratamento de águas residuais. Como tal, foi proposta uma estação de tratamento de águas residuais completa, com pré-tratamento e tratamento secundário e terciário.

O pré-tratamento consiste num sistema de gradagem manual de grossos com tamanho igual ou superior a 30mm. Esta etapa permite a remoção de lixos de dimensão que possa atrasar o processo de depuração.

O tratamento secundário que consiste numa “depuradora por lamas activadas de baixa carga com decantador, compressor, difusores e sistema de recirculação de lamas<sup>2</sup>” da marca Salher.

Nesta fase, os efluentes são encaminhados para um decantador contíguo ao tanque de arejamento com recirculação de lamas. Dada a densidade das lamas, estas encontram-se num estrato inferior, pelo que o líquido à superfície passa para um decantador secundário. Parte do afluente segue para tratamento terciário e o restante, ainda com partículas sólidas, assenta, sendo depois bombeado para a primeira câmara (arejamento), optimizando assim o processo.

No tanque de arejamento os afluentes entram em decomposição através da presença de bactérias aeróbias que consomem a matéria orgânica. Este processo é acelerado pelo remeximento das lamas depositadas pela injeção de oxigénio para que estas não assentem na totalidade, mantendo assim uma massa de bactérias em movimento e em constante oxigenação para que se possam multiplicar e, conseqüentemente, acelerar o processo digestivo. Este processo vai diminuir a carência biológica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>).

A adição de ar é importante pois vai ajudar na remoção de alguns poluentes tais como ferro, manganês e dióxido de carbono, bem como na eliminação de compostos orgânicos que resistem aos processos biológicos. Serve também como meio de repor os níveis de oxigénio na água residual antes de a encaminhar para a rede pública ou,

---

<sup>2</sup> Extraído do catálogo da Salher

neste caso, para uma trincheira de infiltração. Esta tomada de ar é assegurada por uma bengala de ventilação.

O dimensionamento deste equipamento consiste na atribuição de uma população equivalente em relação ao esperado para a utilização do espaço.

O tratamento terciário consiste na desinfecção por adição de cloro. O modelo utilizado é também da marca Salher, mod. C.V.C.-C.E.

Existe um dispensador de cloro à entrada da câmara que vai eliminar os agentes patogénicos presentes na água. Esta câmara é ventilada pelo que, ao fim de alguns dias as concentrações de cloro tornam-se inexistentes ou residuais. Assim, este processo não afecta a vegetação que vai servir de cobertura à trincheira de infiltração. Este sistema vem com um anexo para acomodação do líquido de doseamento e da bomba doseadora.

Por fim, as águas provenientes da ETAR vão entrar para uma trincheira de infiltração. Esta consiste numa rede de tubos com um diâmetro razoável com junta aberta para que as águas vão sendo depositadas e absorvidas pelo solo.

Dependendo do terreno, outra solução a adoptar é a construção de um poço absorvente, sendo a absorção das águas em estratos mais profundos. Neste caso, e apesar do terreno ser bastante permeável, foi indicada a preferência por uma trincheira filtrante em oposição do poço para manter as águas mais à superfície.

Para uma futura ligação à rede Pública, na caixa de visita que antecede a ligação à trincheira de infiltração existe um troço de tubo que liga à Caixa Ramal de Ligação (CRL) que se encontra tamponado. Quando a rede pública entrar ao serviço reabre-se este troço e desactiva-se a trincheira de infiltração.

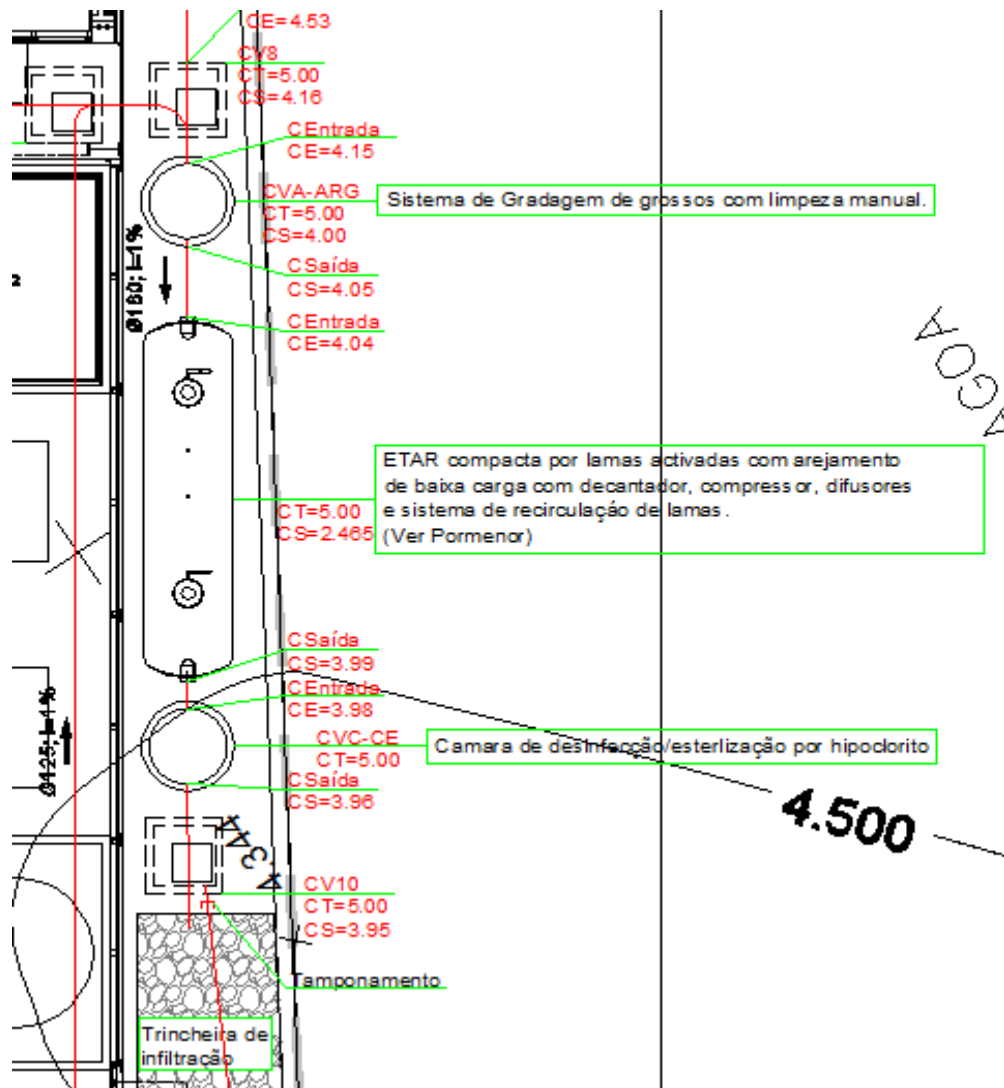


Fig: 29 - Planta da Zona de Tratamento de Águas Residuais

### Drenagem de Águas Pluviais

Como neste Continente as chuvadas são raras mas muito intensas, houve um cuidado especial no dimensionamento de toda a rede de drenagem de águas pluviais. Assim sendo, a drenagem dos vários pontos de recolha foi muito bem estudada.

Para a drenagem da cobertura foram dimensionados trop-pleins que vão encaminhar as águas da cobertura directamente para o terreno, que nesta zona é extremamente seco. Na zona de queda foi proposta a construção de uma caixa com godo para melhor absorção das águas pelo terreno. As varandas situadas no último piso vão ser drenadas através de ralos de pavimentos. As águas provenientes das varandas vão ser reunidas por um colector suspenso que descarrega num tubo de queda e posteriormente para a rede enterrada.

Os trop-pleins são dimensionados como se se tratasse de um tubo de queda, através da capacidade de vazão. Os colectores suspensos e enterrados são dimensionados através da área a drenar e da fórmula Manning- Strickler, (Fig: 30 e Fig: 31). Fig: 30 - Tabela demonstrativa de dimensionamento de tubos de queda e Trop-Pleins

Hauteville Imobiliária, Lda.		INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS								
Clínica Soyo, Angola		REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS								
		TUBOS DE QUEDA								
Tubos de Queda	Área Adstrita	Caudal Unitário	Coeficiente de Escoamento	Caudal de Cálculo	Diâmetro Exterior	Diâmetro Interior	Carga Máxima Admitida	Carga necessária para o caudal de	Verificação da capacidade de transporte do tubo queda adoptado	
	m <sup>2</sup>	l/min/m <sup>2</sup>		l/min	mm	mm			cm	l/s
TQ1	80,00	2	1,00	160	125	118,6	8,302	3,00	4,64	278,64
TP 1/2/3/4	143,00	2	1,00	286	90	84,0	5,880	4,00	5,79	347,68
TP 5/6	50,00	2	1,00	100	75	69,0	4,830	3,00	3,02	181,16
TQ5	13,35	2	1,00	27	50	44,0	3,080	2,00	1,06	63,60
TQ6	13,45	2	1,00	27	50	44,0	3,080	2,00	1,06	63,60

Fig: 30 - Tabela demonstrativa de dimensionamento de tubos de queda e Trop-Pleins

Hauteville Imobiliária, Lda.							INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS											
Clínica Soyo, Angola							REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS											
							TUBOS DE QUEDA											
Troço		Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Área de Pavimento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Geodreno (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de Escoamento	Área Adstrita Total (m <sup>2</sup> )	Caudal (l/s)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro Exterior (mm)	Diâmetro Interior (mm)	Caudal Secção Cheia (l/s)	K	Altura Lâmina Líquida Y (m)	Y/D	Velocidade (m/s)	Força Tractiva (N/m <sup>2</sup> )
Jusante	Montante																	
CV1	CG1	80	1,00		1,00	0,00	0,50	80	2,33	10	125	118,8	12,75	120	0,034	0,29	0,88	1,97
CG1	CV7	80	1,00	300	1,00	0,00	0,50	380	11,08	10	125	118,8	12,75	120	0,086	0,73	1,30	3,56
CV2	CV3		1,00	60	1,00	0,00	0,50	60	1,75	10	125	118,8	12,75	120	0,030	0,25	0,80	1,74
CV3	CV4		1,00	60	1,00	0,00	0,50	60	1,75	20	125	118,8	18,03	120	0,025	0,21	1,03	2,99

Fig: 31 - Tabela demonstrativa de dimensionamento de colectores suspensos e enterrados

A rede de drenagem de condensados dos aparelhos de AVAC também tem de ser prevista. Assim, o departamento de mecânicas fornece as plantas dos pisos e os pontos exactos onde vão ser previstas as máquinas e onde os condensados se produzem. De acordo com a informação fornecida é projectada uma rede que recolhe esses pontos de água. Por questões de poupança e simplificação do processo estes pontos de condensados vão ser ligados aos tubos de drenagem mais próximos, residuais ou pluviais. Para que o cheiro dos colectores não se transmita para os aparelhos de ar condicionado estes tubos devem ser sifonados.

As águas provenientes do parque de estacionamento são recolhidas por sarjetas. As pendentes do parque de estacionamento foram concebidas para drenar eficazmente todas as águas afluentes a este espaço. Dentro da zona técnica exterior a drenagem das águas também é assegurada por grelhas a circundar toda a instalação, com especial atenção para a zona onde estão sediados os depósitos de combustível. Após a recolha, estas são encaminhadas para um separador de hidrocarbonetos. Este é um dispositivo pré-fabricado que tem a capacidade de reter óleos e combustíveis que foram arrastados pela água das chuvas ou de lavagem.

A jusante do separador de hidrocarbonetos existe uma caixa que vai servir de by-pass para as águas provenientes das lavagens e descargas dos depósitos de abastecimento.

Por fim, a rede de drenagem de águas pluviais termina num poço de absorção situado no lado oposto à trincheira de infiltração das águas residuais. De notar que quando a rede pública entrar em funcionamento, esta caixa de by-pass passa a ser a CRL e o poço é desactivado.

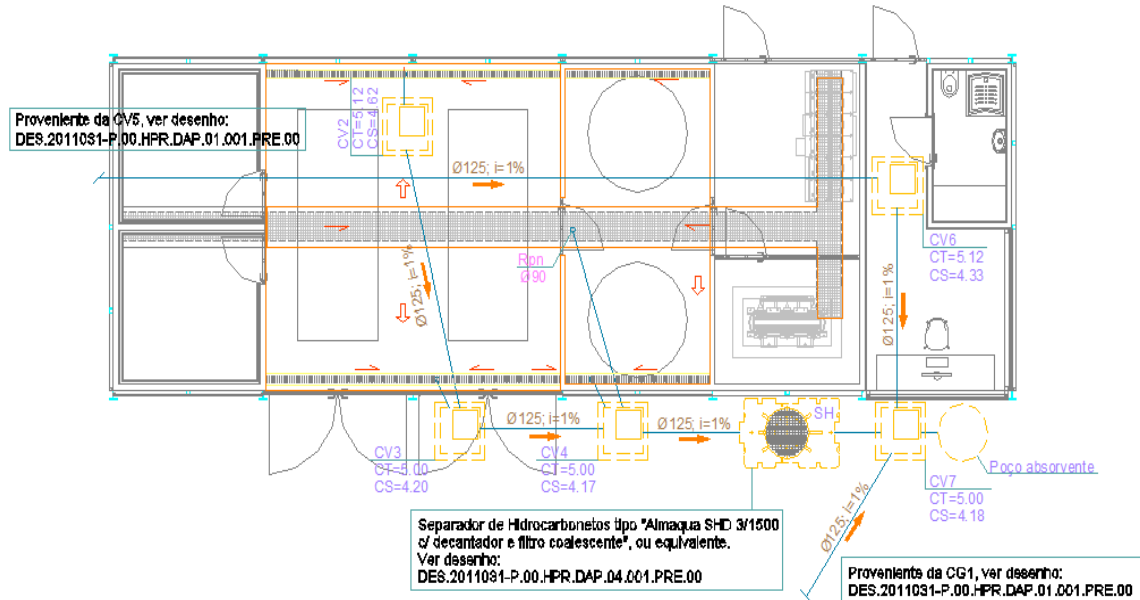


Fig: 32- Zona técnica exterior e localização do separador de hidrocarbonetos

## Capítulo 5: Conclusões

Este estágio permitiu-me adquirir uma percepção mais aprofundada da realidade do mercado laboral. Com estes seis meses de estágio foi-me dada a oportunidade de participar em projectos muito aliciantes e com uma gradual exigência e tempos de execução.

A nível de projectos de Hidráulica Predial, para além do aprendido durante a faculdade foi-me dado um grau de conhecimentos práticos e de todas as actividades circundantes aos projectos que é uma mais-valia.

Foram também muito úteis os conhecimentos adquiridos a nível informático através de um trabalho exaustivo nos vários softwares disponíveis que me permitiram á data um grande à-vontade no desempenho das minhas funções de projectista na *A400*. A ajuda no desenvolvimento de aplicativos informáticos permitiram-me também obter conhecimentos a nível de programação e de comandos de AutoCAD.

A nível dos projectos participados, estes foram uma ferramenta muito importante para uma aprendizagem sólida no campo do dimensionamento de redes aprendendo variadíssimos métodos e soluções para a resolução de problemas que não são referidos durante o curso bem como um pensamento mais económico de dimensionamento.

A coordenação de projectos foi também um ponto muito favorável na minha formação pois foi possível aprender variadíssimos detalhes de outras especialidades bem como o contacto com órgãos exteriores a *A400*.

## Bibliografia

- Alves, C. (2007). *Tratamento de Águas de Abastecimento* (2 ed.). Porto: Publindústria.
- Fornasaro, A. (6 de Julho de 2010). *Aspectos técnicos para seleção de filtros de carvão ativado*. Obtido em 2 de Agosto de 2011, de <http://www.veco.com.br/verartigo.php?codigo=16>.
- <http://www.salher.com/po/>. (s.d.). Obtido em Março a Agosto de 2011
- Lança, P. (s.d.). [http://www.estig.ipbeja.pt/~pdnl/Sub-paginas/Fisica%20dos%20edificios\\_files/Documentos/Material%20de%20Apoio/PPT%20aulas/](http://www.estig.ipbeja.pt/~pdnl/Sub-paginas/Fisica%20dos%20edificios_files/Documentos/Material%20de%20Apoio/PPT%20aulas/). Obtido em Junho de 2011
- Pedroso, V. M. (2008). *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água* (4 ed.). Lisboa: LNEC.
- Pedroso, V. M. (2008). *Tecnologia das tubagens de polietileno reticulado para sistemas prediais de*. Lisboa: Lneec.
- Quintela, A. d. (2007). *Huídrulica* (10 ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (decreto Regulamentar nº 23/95), Lisboa 1995, DL 23/95 (1995).
- Risco- Prevenção e Controle. (Outubro de 2007). *Departamento de Engenharia de Risco de Zurich Brasil Seguros S.A.*
- Sousa, E. R., & Matos, J. S. *Projecto de Sistemas de Drenagem de Águas Prediais*.
- Torres, j. A. (2006). *Sistema de Drenagem em Edificações, Águas Servidas e Pluviais*. Lisboa: Livros Horizonte.
- [www.aguadoporto.pt](http://www.aguadoporto.pt). (s.d.).
- [www.epal.pt/](http://www.epal.pt/). (s.d.).

## **Anexos**

Peças desenhadas demonstrativas do Projecto Clínica Soyo