



Diogo André Teixeira Gomes

**Otimização de projeto AVAC baseada na
observação da execução em obra**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Diogo André Teixeira Gomes

**Otimização de projeto AVAC baseada na
observação da execução em obra**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial

CC BY-NC

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família e amigos, por todo o apoio e motivação ao longo do meu percurso académico, mesmo nos momentos mais difíceis.

Gostaria também de agradecer ao meu orientador, o Professor Pedro Lobarinhas, por toda a disponibilidade, apoio e conselhos prestados no desenvolvimento do presente relatório.

E por fim, agradecer à Lusitar, nomeadamente ao Eng. Paulo Lobarinhas e Eng. Paulo Jardim, pela oportunidade de realizar o estágio curricular nesta empresa, com um especial obrigado ao Eng. Marco Freitas, por toda a ajuda e paciência no acompanhamento e esclarecimento de dúvidas.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, outubro de 2022

RESUMO

No âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica - Área de Especialização em Tecnologias Energéticas e Ambientais, da Universidade do Minho, foi realizado um estágio curricular na empresa Lusitar, no decorrer do ano letivo 2021/2022. O presente relatório tem por objetivo a proposta e o desenvolvimento de otimizações relativas ao projeto AVAC implementado na empresa “Browning”, responsável pelo fabrico de armas.

A empresa “Browning” é constituída por diversos setores, contudo, o projeto baseou-se na intervenção de três zonas específicas: a zona de pintura, a zona de camuflagem e o armazém de camo-filme, para as quais se definiram algumas propostas de melhorias.

Primeiramente, foi sugerida a substituição da válvula “ON/OFF”, presente nas cabines de pintura, por uma válvula reguladora de caudal “Opti Drive”, de modo a ser possível um melhor controlo do sistema, ao invés de, unicamente abrir e fechar o escoamento. A segunda melhoria proposta, consistiu na colocação de uma chapa de 300 mm no topo das cabines de pintura a fim de limitar a área de captação, reduzindo assim o caudal necessário para a mesma velocidade de captação. De seguida, foi recomendada a substituição do filtro “Paint-Stop”, por um filtro de bolsas “F50 Compact pocket filter”, em consequência da rápida colmatação do filtro “Paint-Stop”, tendo em conta a baixa capacidade de armazenamento de partículas. No seguimento desta melhoria, foi ainda proposta a reestruturação da cabine de pintura, substituindo a parede de água atualmente presente (pré filtro), por uma parede de filtros “Edrizzi”, permanecendo os filtros de bolsa, referidos anteriormente, como filtros secundários. Por fim, no sistema desenvolvido para a máquina de “aquaprint”, presente na camuflagem, foi igualmente idealizada uma melhoria, realizando um prolongamento da chapa já projetada, a fim de reduzir o caudal necessário ou, em alternativa, aumentar a velocidade de captação para o mesmo volume de caudal.

Como conclusão final, é importante salientar a continuidade no processo de otimizações relativas ao projeto AVAC, em virtude das inúmeras direções de aperfeiçoamento que podem ser seguidas, ao invés do modelo de melhorias apresentado.

PALAVRAS-CHAVE

AVAC; PROJETO; OTIMIZAÇÃO

ABSTRACT

In the scope of the Master in Mechanical Engineering - Specialization in Energy and Environmental Technologies, of the University of Minho, a curricular internship was carried out in the company Lusitar, during the school year 2021/2022. This report aims to propose and develop optimizations for the HVAC project implemented in the company "Browning", responsible for the manufacture of weapons.

The "Browning" company is composed of several sectors, however, the project was based on the intervention of three specific areas: the painting area, the camouflage area and the camo-film warehouse, for which some improvement proposals were defined.

Firstly, it was suggested the replacement of the "ON/OFF" valve, present in the painting booths, by a flow regulating valve "Opti Drive", in order to be possible a better control of the system, instead of just opening and closing the flow. The second improvement proposed, was to place a plate of 300 mm on top of the paint booths in order to limit the area of capture, thus reducing the flow rate required for the same speed of capture. Next, it was recommended the replacement of the "Paint-Stop" filter, by a "F50 Compact pocket filter", as a result of rapid clogging of the "Paint-Stop" filter, taking into account the low storage capacity of particles. Following this improvement, it was also proposed the restructuring of the paint booth, replacing the water wall currently present (pre-filter), by a wall of "Edrizzi" filters, remaining the pocket filters, mentioned above, as secondary filters. Finally, in the system developed for the "aquaprint" machine, present in the camouflage, an improvement was also conceived, making an extension of the already designed plate, in order to reduce the required flow rate or, alternatively, increase the capture speed for the same flow volume.

As a final conclusion, it is important to emphasize the continuity in the process of optimizations regarding the HVAC project, due to the numerous directions of improvement that can be followed, instead of the improvement model presented.

KEYWORDS

HVAC; DESIGN; OPTIMIZATION

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Símbolos.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
2. Estado de Arte.....	3
2.1. AVAC.....	3
2.2. Enquadramento Legal.....	5
2.3. Mercado na Atualidade	7
3. Caso de estudo.....	9
3.1. Localização.....	9
3.2. Caracterização do Edifício	12
3.2.1. Pintura.....	13
3.2.2. Camuflagem	13
3.2.3. Armazém camo-filme	14
3.3. Problema e Necessidade	14
4. Solução implementada	16
4.1. Recolha de dados.....	16
4.2. Realização do desenho do traçado.....	16

4.3.	Realização dos cálculos.....	20
4.3.1.	Geometria dos captadores.....	20
4.3.2.	Velocidade de captação	22
4.3.3.	Caudal.....	22
4.3.4.	Perdas de Carga.....	23
4.4.	Caso especial para a máquina de “Aquaprint”	24
4.5.	Montagem do sistema e certificação	26
4.5.1.	Montagem do Sistema	26
4.5.2.	Certificação.....	28
5.	Otimização do Projeto.....	29
5.1.	Regulação do caudal das cabines de pintura	29
5.2.	Colocação de uma chapa para redução da área de entrada do captador	31
5.3.	Substituição dos filtros das cabines de pintura.....	33
5.4.	Reestruturação da cabine de pintura.....	34
5.5.	Confinamento da máquina de “Aquaprint”	36
6.	Considerações finais.....	41
6.1.	Conclusões.....	41
6.2.	Trabalhos futuros	42
	Referências bibliográficas	43
	Anexo A: Ficha técnica do filtro “Paint-Stop”	44
	Anexo B: Ficha técnica do filtro “F50 Compact Pocket Filter”	45
	Anexo C: Ficha técnica filtro “Edrizzi”	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução do valor do alumínio em dólares por tonelada entre 1990 a 20228	
Figura 3.1 – A correspondência entre a NUTS III e o respetivo concelho onde o edifício se localiza.	9
Figura 3.2 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento	10
Figura 3.3 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento.....	10
Figura 3.4 - Zona climática de inverno.....	11
Figura 3.5 - Zona climática de verão.....	11
Figura 3.6 - Planta da empresa destacando os espaços a intervencionar	12
Figura 3.7 - Corte da sala de pintura.....	13
Figura 3.8 – Corte da sala de camuflagem.....	14
Figura 4.1 - Sistema AVAC interior.....	18
Figura 4.2 – Sistema AVAC exterior	19
Figura 4.3 - Tipos de captores.....	20
Figura 4.4 – Dimensões da cabine de pintura	21
Figura 4.5 - Velocidade de captação.....	22
Figura 4.6 - Máquina de "Aquaprint"	24
Figura 4.7 - Sistema de exaustão da máquina de “Aquaprint”, vista frontal	25
Figura 4.8 - Sistema de exaustão da máquina de “Aquaprint”, vista superior.....	26
Figura 5.1 - Válvula "Opti Drive" (VAV).....	30
Figura 5.2 - Melhoria da cabine de pintura através da aplicação de uma válvula “Opti Drive” representada pelo número 1	30
Figura 5.3 - Melhoria da cabine de pintura através da aplicação de uma chapa representada pelo número 2	31
Figura 5.4 - Melhoria da cabine de pintura através da colocação de uma chapa móvel32	
Figura 5.5 - Filtro "Paint-Stop"	33
Figura 5.6 - “F50 Compact pocket filter”	34
Figura 5.7 - Filtros "Edrizzi"	35

Figura 5.8 - Prolongamento até ao chão da chapa de redução da área de captação na máquina de "Aquaprint", vista frontal.....	37
Figura 5.9 - Prolongamento até ao chão da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista lateral	37
Figura 5.10 – Prolongamento, de 1200 mm, da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista frontal	38
Figura 5.11 - Prolongamento, de 1200 mm, da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista lateral	38
Figura 5.12 - Divisão da área de captação	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Caracterização climática do local.....	11
Tabela 3.2 - Condições Exteriores de temperatura e humidade relativa para efeitos de dimensionamento	12
Tabela 3.3 – Dimensões dos diferentes espaços intervencionados.....	13
Tabela 3.4 - Caracterização dos diferentes espaços.....	15
Tabela 4.1 - Climatização dos diferentes espaços	23
Tabela 4.2 - Mapa de acabamentos.....	27

LISTA DE SÍMBOLOS

Siglas, abreviaturas e acrónimos

AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado;
CENTERM	Centro Tecnológico para a Indústria Térmica, Energia e Ambiente
EN	<i>European Standards (“European Norm”)</i>
GD	Graus Dia;
GD _{REF}	Graus Dia referência;
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning;</i>
NP	Norma Portuguesa;
SCE	Sistema de Certificação Energética
UTA	Unidade de tratamento de ar;
VAV	Volume de ar variável

Nomenclatura

a	[°C/km]
Z	Altitude do local [m]
Z_{REF}	Altitude de referência [m]
θ	Temperatura média exterior [°C]
θ_{REF}	Temperatura média exterior referência
A	Área do captador [m ²]
H	Altura [m]
Q	Caudal [m ³ /h]
V	Velocidade de captação [m/s]
W	Largura [m]

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Um aspeto bastante importante no projeto e construção de um edifício é o conforto do mesmo para quem o ocupa, podendo o edifício ser, de habitação, de serviços ou industrial. De modo a atingir este conforto existem várias soluções, como a criação de vários sistemas de climatização e exaustão de poluentes. Para que a climatização e exaustão do edifício estejam corretamente dimensionadas é necessária a realização de um projeto AVAC onde do mesmo partem diversas variáveis como: tipo de equipamentos e localização dos mesmos, materiais a utilizar, metodologia a adotar, entre outros. Posto isto, o projetista deve optar pelas soluções mais otimizadas e económicas possíveis para o seu projeto, tanto no que diz respeito ao consumo energético, como ao custo de instalação e posterior custo de manutenção.

Neste contexto, o foco principal da dissertação será acompanhar um projeto desenvolvido pela empresa, Lusitar, desde a sua fase inicial até a implementação do mesmo, este acompanhamento será realizado com o intuito de tentar identificar algum aspeto que mereça uma sugestão de melhoria.

Deste modo, procura-se que no final da dissertação seja possível encontrar uma solução otimizada do projeto em estudo, podendo esta passar pela alteração da metodologia utilizada, bem como o tipo de equipamentos ou até mesmo a localização dos mesmos, podendo assim resultar numa redução de custos de instalação ou manutenção, bem como numa maior eficiência energética.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o acompanhamento de todas as etapas, desde a identificação do problema inicial, à fase de projeto, planeamento, desenvolvimento até à fase de instalação e manutenção, sendo dada, posteriormente, uma opinião crítica e possíveis melhorias ao processo, que poderão ir desde a otimização do mesmo, bem como a duração, o tempo de vida e até mesmo os custos.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

O primeiro capítulo constitui um capítulo introdutório onde, primeiramente, é realizado um enquadramento do tema, abordando a necessidade das técnicas AVAC e as variáveis associadas às mesmas, de seguida são expostos os objetivos a atingir, concluindo o capítulo com a explicitação da estrutura da dissertação.

O segundo capítulo é relativo ao estado de arte, onde é descrito o que são técnicas AVAC, passando ao enquadramento legal associado ao tema, terminando com uma breve análise do mercado na situação atual.

No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo, começando pela apresentação da empresa a intervencionar, “Browning”. É realizada a descrição da localização da empresa para efeitos de determinação da zona climática. De seguida é realizada a caracterização do edifício em questão, terminando com a necessidade expressa pelo cliente.

No quarto capítulo é exposta a solução implementada pela empresa, Lusitar, para satisfazer a necessidade do cliente. Em primeiro lugar é referido como se efetuou o levantamento dos dados em obra, de seguida procedeu-se à realização do traçado do sistema, após isto foram realizados os cálculos essenciais para a determinação da velocidade de captação e do caudal a utilizar. Por fim, abordou-se a montagem do sistema e posterior certificação.

No quinto capítulo são propostas várias alterações ao projeto realizado pela empresa Lusitar, descrito no capítulo anterior, onde cada uma delas é explorada para então determinar se constituem uma melhoria ou otimização.

Por fim, no sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões sobre o presente trabalho, bem como propostos temas para trabalhos futuros.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. AVAC

A sigla “AVAC” vem do inglês “HVAC” que significa, “Heating, Ventilation and Air Conditioning” que traduzido significa “Aquecimento, ventilação e ar condicionado”.

Com o passar dos tempos, tem vindo a crescer a dependência de sistemas de ventilação e climatização, o que leva a uma maior procura por eficiência e garantia de qualidade de ar interior, desde que, associados a uma vertente ecológica, que tem como principal objetivo a redução dos gases de efeito de estufa e, por sua vez, redução do aquecimento global. Com o intuito de promover a eficiência energética e a consciência ambiental, o Ministério do Ambiente e as entidades reguladoras de energia implementaram diversas normas, leis, regulamentos e certificações, as quais serão, posteriormente, enumeradas.

Na Europa os edifícios são responsáveis por, sensivelmente, 40% dos consumos de energia final e representam cerca de 36% das emissões de CO₂. Sendo a principal fonte de energia usada o gás natural, que representa, aproximadamente 36% do consumo final, seguido da eletricidade com 32%. Estima-se que, mais de 50% dos consumos dos edifícios podem ser reduzidos através de medidas de eficiência energética e que cerca de 75% dos edifícios, sejam eles públicos ou privados, têm um desempenho energético abaixo dos requisitos da Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios. ¹

Já em Portugal, devido a uma menor necessidade de arrefecimento e aquecimento dos edifícios, os consumos de energia neste setor representam cerca de 30% da energia final. Sendo que, a origem desta, ao contrário da EU, é maioritariamente elétrica, representando 55% do consumo final e apenas 10% desse consumo deriva do gás natural. ¹

Os sistemas AVAC têm como principal objetivo a climatização de espaços fechados e a renovação do seu ar, podendo esta ser necessária para a extração de fumos e/ou poluentes, bem como para obtenção, do tão desejado, conforto térmico. O conforto térmico pode ser definido por “Estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.” ²

Contudo, para satisfazer uma necessidade não existe apenas uma só solução, muito pelo contrário, no setor AVAC existem diversas soluções para o mesmo problema, porém, nunca existe uma solução perfeita. Então, é necessário encontrar a solução mais otimizada possível que vá de encontro às necessidades do cliente. Para tal, é necessário que exista comunicação constante e flexibilidade entre ambas as partes, bem como a realização de um “Brainstorming” de modo a desenvolver a melhor solução possível. Por vezes, para atingir esta solução são necessários sistemas com grandes dimensões e complexidade, de modo a ser possível controlar diversos parâmetros como: valores de temperatura, humidade, qualidade do ar interior, nível de poluentes, entre outros, o que torna este setor um setor bastante abrangente e complexo. Todos estes parâmetros anteriormente mencionados são passíveis de serem alterados em prol de uma otimização do resultado final, pois em contexto real nem tudo é perfeito, e por vezes para satisfazer um determinado parâmetro é necessário sacrificar outro.

A escolha dos equipamentos é um fator essencial na construção e otimização de um sistema AVAC. Existem diversos equipamentos, desde os primários que podem ser de expansão direta como os AC's ou de expansão indireta como os Chillers, bombas de calor e caldeiras, passando pelos intermédios como as condutas e tubagens, até aos equipamentos terminais como grelhas, difusores, ventiloconvectores e radiadores. ³ Destes equipamentos pode-se destacar o Chiller que é utilizado para o arrefecimento do ar, sendo que este arrefecimento pode ser realizado a ar e/ou a água. Destaca-se ainda a Bomba de calor e a caldeira que são equipamentos utilizados para promover o aquecimento do espaço a climatizar. De notar que já existem equipamentos com a funcionalidade de Chiller e Bomba de calor em simultâneo.

Mas o AVAC não se trata apenas do projeto e instalação dos sistemas, trata-se também da sua manutenção. Este é um tema, que por muito simples que pareça, existe uma grande disparidade de opiniões, pois há quem opte pela manutenção preventiva e quem opte pela manutenção corretiva. O principal motivo para esta desigualdade de opiniões deve-se ao facto de a manutenção preventiva acarretar maiores custos, ou pelo menos aparentar. Isto porque, a manutenção preventiva consiste na inspeção periódica dos equipamentos mesmo que não apresentem sinais de avaria. Este procedimento previne o aparecimento de falhas e a indisponibilidade dos equipamentos, evitando ao máximo a paragem de produção, o que é um fator essencial na indústria. Já no caso da manutenção corretiva, o método de operação é

totalmente o oposto pois, neste caso, é realizada a correção de falhas e avarias existentes nos equipamentos, o que pode implicar uma paragem prolongada dos mesmos.

Neste contexto de manutenção é importante referir que a mesma deve ser tida em conta a quando a realização do projeto, pois a escolha de determinados equipamentos pode parecer a melhor opção à primeira vista, contudo vendo numa perspetiva futura, por vezes, acabam por acarretar maiores custos, por exemplo, optando por um determinado tipo de filtro com um menor custo mas que tem de ser substituído todos os meses ao invés de um filtro com um custo mais elevado mas apenas necessite de uma substituição semestral.

2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL

Os equipamentos, materiais e respetiva montagem deverão obedecer às Normas Portuguesas e Regulamentos de Segurança em vigor. Os documentos listados são aqueles que devem ser respeitados, bem como outras normas ou Decretos-Lei que sejam aplicáveis.

Todos os documentos acima mencionados encontram-se abaixo dividido por temas, dentro destes temas, estão ordenados por tipo de documento e em seguida por data:

Certificação CE:

- Decreto-Lei nº103/2008 de 24 de junho

Estabelece as regras relativas à colocação no mercado e entrada em serviço das máquinas e respetivos acessórios, transpondo a Diretiva Máquinas (2006/42/CE) do Parlamento Europeu e do Conselho;

- Decreto-Lei nº21/2017 de 21 de fevereiro

Estabelece as regras aplicáveis à disponibilização no mercado de material elétrico destinado a ser utilizado dentro de certos limites de tensão, transpondo a Diretiva Baixa Tensão (2014/35/UE) do Parlamento Europeu e do Conselho;

- Decreto-Lei nº31/2017 de 22 de março

Estabelece as regras aplicáveis à compatibilidade eletromagnética dos equipamentos, transpondo a Diretiva n.º2014/30/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho;

Higiene e Segurança no trabalho:

- Decreto-Lei n.º236/2003 de 30 de setembro

Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 1999/92/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativa às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas;

- Decreto-Lei n.º111-C/2017 de 31 de agosto

Regras de segurança a que devem obedecer os aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2014/34/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de fevereiro de 2014;

Proteção Ambiental:

- Decreto-Lei nº85/2014 de 27 de maio

Estabelece regras relativas à produção, importação, exportação, colocação no mercado, utilização, recuperação, reciclagem, valorização e destruição de substâncias que empobrecem a camada de ozono;

- Decreto-Lei nº145/2017 de 30 de novembro

Regras para manuseamento de gases fluorados (Transpõe Regulamento UE 517/2014);

- Regulamento (EU) Nº517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de abril de 2014

Revoga o Regulamento (CE) nº842/2006 relativo aos gases fluorados com efeito de estufa;

- Portaria nº190-A/2018

Regras para o cálculo da altura de chaminés e para a realização de estudos de dispersão de poluentes atmosféricos;

- NP 2167 2007

Emissões de fontes fixas – Seção de amostragem e plataforma para chaminés ou condutas;

- NP EN 378-4 de dezembro de 2010

Norma relativa a sistemas frigoríficos e bombas de calor. Requisitos de segurança e proteção ambiental;

Ventilação em edifícios:

- NP EN 1505 1999

Ventilação de edifícios. Conduatas metálicas e acessórios com secção retangular. Dimensões;

- NP EN 1751 2000

Ventilação de edifícios. Dispositivos terminais. Ensaio aerodinâmico de registos e válvulas;

- NP EN 13180 2003

Ventilação de edifícios. Conduatas. Dimensões e requisitos mecânicos para conduatas flexíveis;

- NP EN 12236 2008

Ventilação de edifícios. Suportes e suspensões de conduatas. Requisitos para a resistência mecânica;

- NP EN 12237 2008

Ventilação de edifícios. Sistemas de conduatas. Resistência e estanquidade de conduatas metálicas circulares;

- NP EN 12097 2011

Ventilação de edifícios. Redes de conduatas. Requisitos dos componentes para facilitar a manutenção das redes de conduatas;

- EN 13053 2006

Ventilação de edifícios. Unidades de tratamento de ar. Classificações e desempenho para unidades, componentes e seções. (*Ventilation for buildings. Air handling units. Ratings and performance for units, componentes and section*);

- EN 1886 2009

Ventilação de edifícios. Unidades de tratamento de ar. Desempenho mecânico. (*Ventilation for buildings. Air handling units. Mechanical performance*);

2.3. MERCADO NA ATUALIDADE

Devido ao cenário pandémico vivido nestes últimos dois anos, e mais recentemente a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, o mercado em geral sofreu fortes alterações, tanto a nível da inflação dos preços, como a nível de disponibilidade de matéria prima.

O alumínio é uma matéria prima importante para os equipamentos presentes nos sistemas AVAC, nomeadamente: alhetas de permutadores, revestimentos, isolamentos, difusores, entre outros, e devido aos acontecimentos a cima descritos, este componente

atingiu um valor histórico, em março de 2022, de aproximadamente 3500 dólares/tonelada, ultrapassando os valores registados em 2008, como é possível observar na Figura 2.1. Este aumento, como é expectável, gerou um conseqüente aumento no preço de todos os equipamentos e componentes cuja na sua composição conste alumínio.

Outro equipamento importante para os sistemas AVAC são as UTA's, que se encontram em escassez no mercado devido ao déficit na produção de ventiladores. Uma vez não existindo ventiladores as mesmas não podem ser entregues aos clientes. Este atraso pode ser responsável por um incumprimento de prazos estipulados para conclusão de determinadas obras, o que por sua vez pode acarretar custos extra.

Uma alternativa de modo a não comprometer o cumprimento dos prazos estipulados seria, optar por equipamentos nacionais onde o prazo de entrega seria significativamente reduzido, ao invés de optar por equipamentos internacionais. Contudo, o consumo nacional também tem as suas desvantagens, pois os valores dos equipamentos poderão ser superiores. Isto levará a um dilema de qual a proposta mais vantajosa: poupar dinheiro na compra dos equipamentos e correr o risco de atrasos e penalizações; ou optar por um consumo local onde o custo é superior, mas existe uma maior garantia de que o equipamento chega no prazo desejado.



Figura 2.1 - Evolução do valor do alumínio em dólares por tonelada entre 1990 a 2022

3. CASO DE ESTUDO

A empresa em questão, denominada “Browning”, é uma empresa responsável pelo fabrico de armas, desde um bloco de madeira inicial até á sua forma final.

Esta empresa é constituída por vários setores e está dividida em diversos espaços, contudo os locais a intervir serão: a zona de pintura, a zona de camuflagem e o armazém de camo-filme, como será abordado mais à frente neste capítulo. Neste capítulo, serão também descritos todos os dados necessários para a resolução do problema exposto pelo cliente.

3.1. LOCALIZAÇÃO

A empresa encontra-se situada no concelho de Viana do Castelo, pertencente à região Minho-Lima, Figura 3.1, a mesma é constituída por um piso térreo a uma altitude de 45m. Estes dados são importantes para a determinação das zonas climáticas de inverno, correspondente ao aquecimento, e de verão, correspondente ao arrefecimento.

Concelho	NUTS III
Soure	Baixo Mondego
Sousel	Alto Alentejo
Tábua	Pinhal Interior Norte
Tabuaço	Douro
Tarouca	Douro
Tavira	Algarve
Terras de Bouro	Cávado
Tomar	Médio Tejo
Tondela	Dão-Lafões
Torre de Moncorvo	Douro
Torres Novas	Médio Tejo
Torres Vedras	Oeste
Trancoso	Beira Interior Norte
Trofa	Grande Porto
Vagos	Baixo Vouga
Vale de Cambra	Entre Douro e Vouga
Valença	Minho-Lima
Valongo	Grande Porto
Valpaços	Alto Trás-os-Montes
Velas	RA dos Açores
Vendas Novas	Alentejo Central
Viana do Alentejo	Alentejo Central
Viana do Castelo	Minho-Lima

Figura 3.1 – A correspondência entre a NUTS III e o respetivo concelho onde o edifício se localiza.

Para a determinação dessas zonas é necessário determinar o “X” da equação (3.1).⁴

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}), \quad (3.1)$$

Para ser possível resolver a equação primeiro é necessário consultar as tabelas presentes nas Figura 3.2 e Figura 3.3, retiradas do Despacho 6476-H/2021, tendo em conta que o X e X_{REF} , quando no aquecimento, correspondem a GD e GD_{REF} , e quando no arrefecimento, correspondem a $\theta_{ext,v}$ e $\theta_{ext,v,REF}$, respetivamente.⁴

NUTS III	z_{REF}	M		GD		$\theta_{ext,t}$		G_{sul}
	m	M_{REF}	α	GD_{REF}	α	$\theta_{ext,t,REF}$	α	kWh/ (m ² .mês)
		meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Grande Porto	94	6,2	2	1 250	1 600	9,9	-7	130
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1 135	2 700	10,2	-7	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1 330	1 300	9,5	-4	145
Minho-Lima	268	7,2	1	1 629	1 500	8,2	-5	130
Oeste	99	5,6	0	1 165	2 200	10,3	-8	145

Figura 3.2 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento

NUTS III	z_{REF}	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v,REF}$	α	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
		°C	°C/km	H	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Dão-Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Lezíria do Tejo	73	23,1	-6	835	225	365	500	495	410	495	500	365
Médio Tejo	168	22,1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Oeste	99	21,0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360

Figura 3.3 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

Uma vez retirados os dados das tabelas acima mencionadas, foi possível então resolver a equação (3.1), da qual se obteve os seguintes resultados, equação (3.2) e (3.3).

$$GD = 1287 \text{ (}^\circ\text{C.dias)}, \quad (3.2)$$

$$\theta = 21.4 \text{ (}^\circ\text{C)}, \quad (3.3)$$

Destes resultados, determinou-se a zona climática de inverno e de verão através das tabelas presentes nas Figura 3.4 e Figura 3.5, respetivamente.⁴

Critério	$GD \leq 1300 \text{ }^\circ\text{C}$	$1300 \text{ }^\circ\text{C} < GD \leq 1800 \text{ }^\circ\text{C}$	$GD > 1800 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática inverno	I1	I2	I3

Figura 3.4 - Zona climática de inverno

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \text{ }^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática verão	V1	V2	V3

Figura 3.5 - Zona climática de verão

Tendo isto, as considerações necessárias ter para este projeto estão representadas na Tabela 3.1 e Tabela 3.2. Contudo, estas normas são referentes a edifícios de serviços, sendo que, os edifícios industriais, como é este o caso, caem fora da alçada destes regulamentos, mesmo assim, para ser possível dimensionar com uma margem de segurança, o projetista optou por realizar o dimensionamento dos caudais de ar novo a partir das tabelas presentes nos regulamentos da SCE.

Tabela 3.1 - Caracterização climática do local

Zona Climática	INVERNO				VERÃO	
	Zona	Graus dias ($^\circ\text{C Dias}$)	Temp. Média ($^\circ\text{C}$)	Duração (meses)	Zona	Temp. Média ($^\circ\text{C}$)
NUTS 3: Minho-Lima Viana do Castelo Altitude: 45 m	I1	1287	8,2	7,2	2	21,4

Tabela 3.2 - Condições Exteriores de temperatura e humidade relativa para efeitos de dimensionamento

Zona Climática	INVERNO		VERÃO	
NUTS 3: Minho-Lima Viana do Castelo Altitude: 45 m	Temperatura (°C)	Humidade relativa %	Temperatura (°C)	Humidade relativa %
	2	90	34	40

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício apresenta fachadas orientadas a sul. A sua cobertura é do tipo inclinada. A zona a intervir é composta por 3 espaços distintos: a sala de pintura, a sala de camuflagem e o armazém, como é possível observar na Figura 3.6. Os mesmos encontram se descritos na Tabela 3.3.

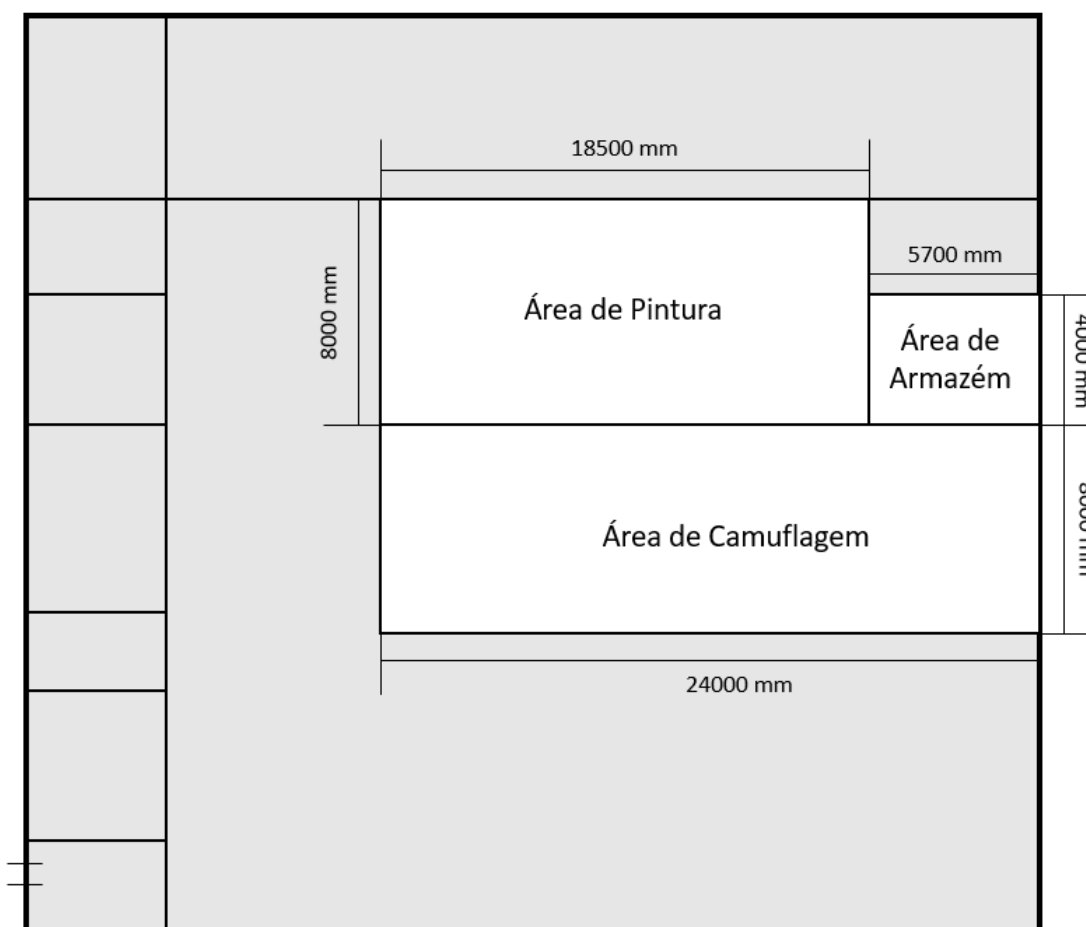


Figura 3.6 - Planta da empresa destacando os espaços a intervir

Tabela 3.3 – Dimensões dos diferentes espaços intervencionados

Espaço	Designação do espaço	Área [m ²]	Pd [m]
Espaço 1	Área da Camuflagem	218,0	3,0
Espaço 2	Área da Pintura	125,0	3,0
Espaço 3	Área Armazenamento Camo-Filme	11,5	3,0

3.2.1. PINTURA

A sala de pintura possui quatro paredes compostas por painel sanduiche, todas elas internas, não existindo assim nenhuma condição de fronteira direta com o exterior. Esta sala tem um pé direito de 3 metros e um teto falso de 1.7 metros, como é possível observar na Figura 3.7. A mesma é composta por zero envidraçados, uma porta de acesso à fábrica, uma porta de acesso à sala de camuflagem e uma porta de acesso ao armazém, sendo todas estas portas automáticas.

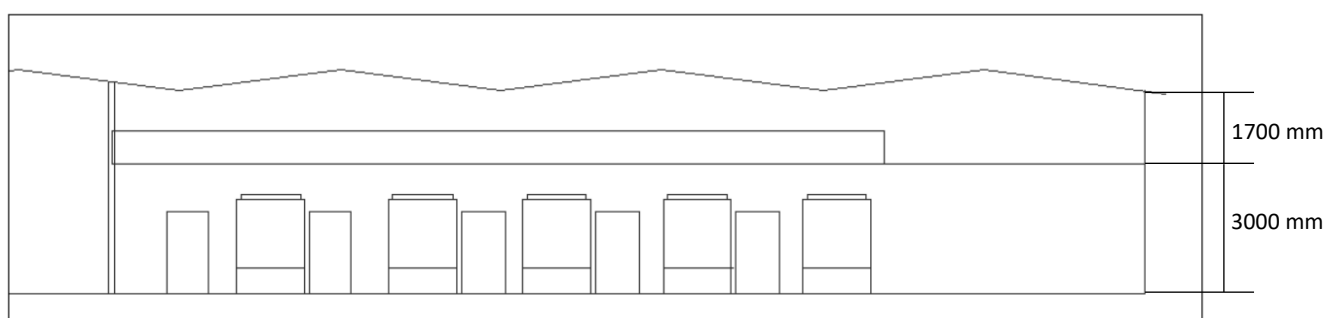


Figura 3.7 - Corte da sala de pintura

3.2.2. CAMUFLAGEM

A sala de camuflagem, também possui quatro paredes todas elas compostas por painel sanduiche, sendo que, três são internas e uma tem contacto direto com o exterior. Esta é a sala que representa maior área a intervencionar e tem um pé direito de 3 metros, acima disso existe um teto falso de 1.7 metros, como é possível observar na Figura 3.8. A sala contém três zonas de envidraçados, onde cada uma tem 2 metros de comprimento por 1 metro de altura, uma porta de acesso á sala de pintura, uma porta de acesso ao armazém e uma de acesso à fábrica, todas elas automáticas. Contém também uma porta de acesso ao exterior que se encontra desativa de momento.

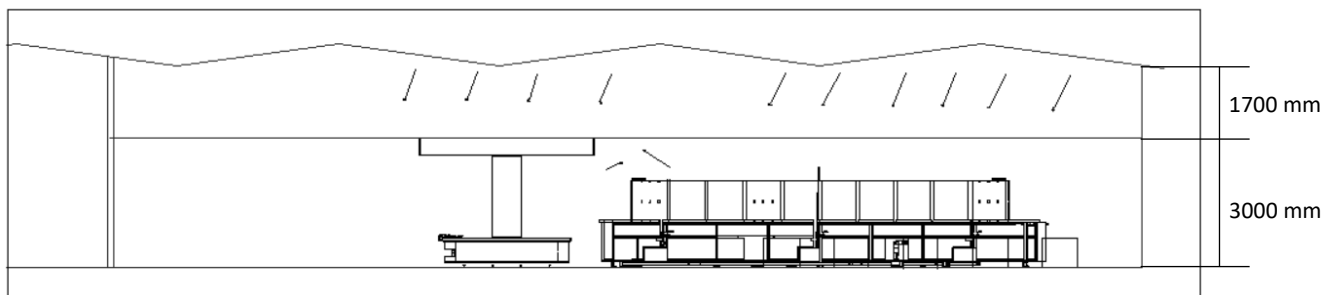


Figura 3.8 – Corte da sala de camuflagem

3.2.3. ARMAZÉM CAMO-FILME

O armazém de camo-filme possui quatro paredes, todas elas compostas por painel sanduiche, onde três são interiores e uma tem contacto direto com o exterior. Tem um pé direito de 3 metros e um teto falso de 1.7 metros. Representa o espaço mais pequeno e é composto por zero envidraçados e apenas duas portas, uma de acesso à sala de pintura e outra de acesso à sala de camuflagem, sendo todas elas automáticas.

3.3. PROBLEMA E NECESSIDADE

Para que exista um projeto AVAC, primeiro é preciso surgir uma necessidade, sendo que, a mesma pode aparecer devido a diversos fatores, como: saúde e bem-estar de quem ocupa o espaço; necessidade de cumprimento de requisitos legais; questões estéticas; atualização de equipamentos de instalações antigas ou a procura de redução de consumos energéticos.

A atividade desenvolvida pela empresa relatada neste caso de estudo, relaciona-se com: pintura e camuflagem (de armas), trabalho este que implica a emissão de poluentes. Sendo a promoção de uma melhor exaustão dos gases poluentes uma necessidade expressa pelo cliente, bem como o melhoramento da qualidade do ar e das condições do espaço (de trabalho) para os seus trabalhadores, não esquecendo ainda do cumprimento dos requisitos legais estipulados pelo Decreto de lei nº 243/86, Capítulo III, Secção I, Artigo 10.º sobre as condições atmosféricas no trabalho e Secção II, Artigo 11.º sobre as condições de temperatura e humidade.

Contudo, para além das necessidades, existem também alguns requisitos estipulados pelo cliente que são necessários satisfazer, tais como: os valores de temperatura e de humidade relativa para os diferentes espaços. Uma vez que, se opera materiais em madeira o controlo da humidade relativa é muito importante, para evitar dilatações e retrações que possam causar perda da resistência mecânica e de outras propriedades do material. A temperatura é importante não só pelo conforto térmico como também pelos processos de fabrico utilizados. De notar que, no armazém os parâmetros são mais restritos devido à fragilidade do material armazenado, o camo-filme, Tabela 3.4.

Neste caso, o projetista tem que ser sensível à relação preço-qualidade, ou seja, é necessário existir um ajuste de parâmetros de modo a que seja possível obtermos um baixo custo de instalação e utilização, sem comprometer as suas funcionalidades e a sua eficiência.

Uma das possíveis formas para a redução do custo de utilização da instalação é através da redução dos caudais. Contudo, o caudal utilizado tem que ser suficiente para a renovação do ar pretendida, então é necessário otimizarmos o processo, optando, por exemplo, por uma extração localizada ao invés de uma extração geral.

Tabela 3.4 – Requisitos de climatização.

Espaço	Designação do espaço	Temperatura (°C)	Humidade relativa %
Espaço 1	Área da Camuflagem	18-26	40-60
Espaço 2	Área da Pintura	18-27	40-60
Espaço 3	Área Armazenamento Camo-Filme	20-25	45-55

4. SOLUÇÃO IMPLEMENTADA

4.1. RECOLHA DE DADOS

Com o intuito de realizar o projeto e dimensionamento da obra, primeiramente, foi necessária a realização do levantamento de vários dados, tais como, as dimensões dos espaços a ventilar, a existência ou não de sistemas de ventilação antigos, o número de trabalhadores presentes no espaço, a estrutura e geometria do edifício, o espaço disponível para a colocação do novo sistema de ventilação, entre muitos outros.

Para tal, foi necessário a realização de várias visitas ao espaço que possibilitou o dialogo com os próprios trabalhadores de modo a entender quais as maiores dificuldades no dia a dia.

Com as várias visitas ao espaço, foi possível verificar algumas dificuldades que iriam ser necessárias ultrapassar, tais como, a existência do sistema de ventilação antigo que teria de ser removido e a falta de espaço restante no teto falso, pois, visto que o edifício já tem muitos anos, existiam muitos componentes a ocupar espaço, sendo que, alguns deles já não se encontravam em utilização e por decisão do responsável da empresa, decidiu-se que os mesmos não seriam removidos.

Contudo, conforme o avanço do projeto, novas dúvidas surgiam e de modo a evitar deslocamentos desnecessários á empresa, foi mantido um contacto constante via email, sendo este o melhor método de comunicação, uma vez que, fica tudo registado e não há tanta probabilidade de falhas de comunicação ou maus entendimentos.

4.2. REALIZAÇÃO DO DESENHO DO TRAÇADO

No que diz respeito á realização do traçado, a empresa já tem uma linha de pensamento otimizada que tem vindo a ser melhorada com base na experiência de muitos anos de trabalho na área, contudo, cada caso tem as suas particularidades, sendo que, nunca existe uma só solução para o mesmo problema.

Neste caso em específico, a maior dificuldade que o projetista necessitou ultrapassar foi o facto de existir pouco espaço para a colocação das condutas devido ao edifício ser antigo e já se encontrar com muitas tubagens, algumas delas inutilizadas.

Outros problemas foram surgindo durante a instalação, pois existiam alguns pilares e vigas que não foram tidos em consideração a quando a execução do traçado, o que levou a uma posterior alteração do desenho. Mesmo parecendo uma simples alteração, num sistema bem dimensionado e otimizado, cada adição ou subtração de material conta, pois a colocação mais uma curva irá implicar uma maior perda de carga que, por sua vez, implicará uma menor pressão manométrica no ponto desejado, sendo assim necessário recalcular as perdas de carga localizadas.

Como descrito anteriormente, a fábrica está dividida em 3 espaços onde é necessária a intervenção: a sala de pintura, a sala de camuflagem e o armazém de camo-filme. Através da Figura 4.1 é possível observar o desenho do traçado nesses espaços.

É importante ter em conta que, as condutas a azul correspondem à insuflação e as condutas a castanho correspondem à exaustão.

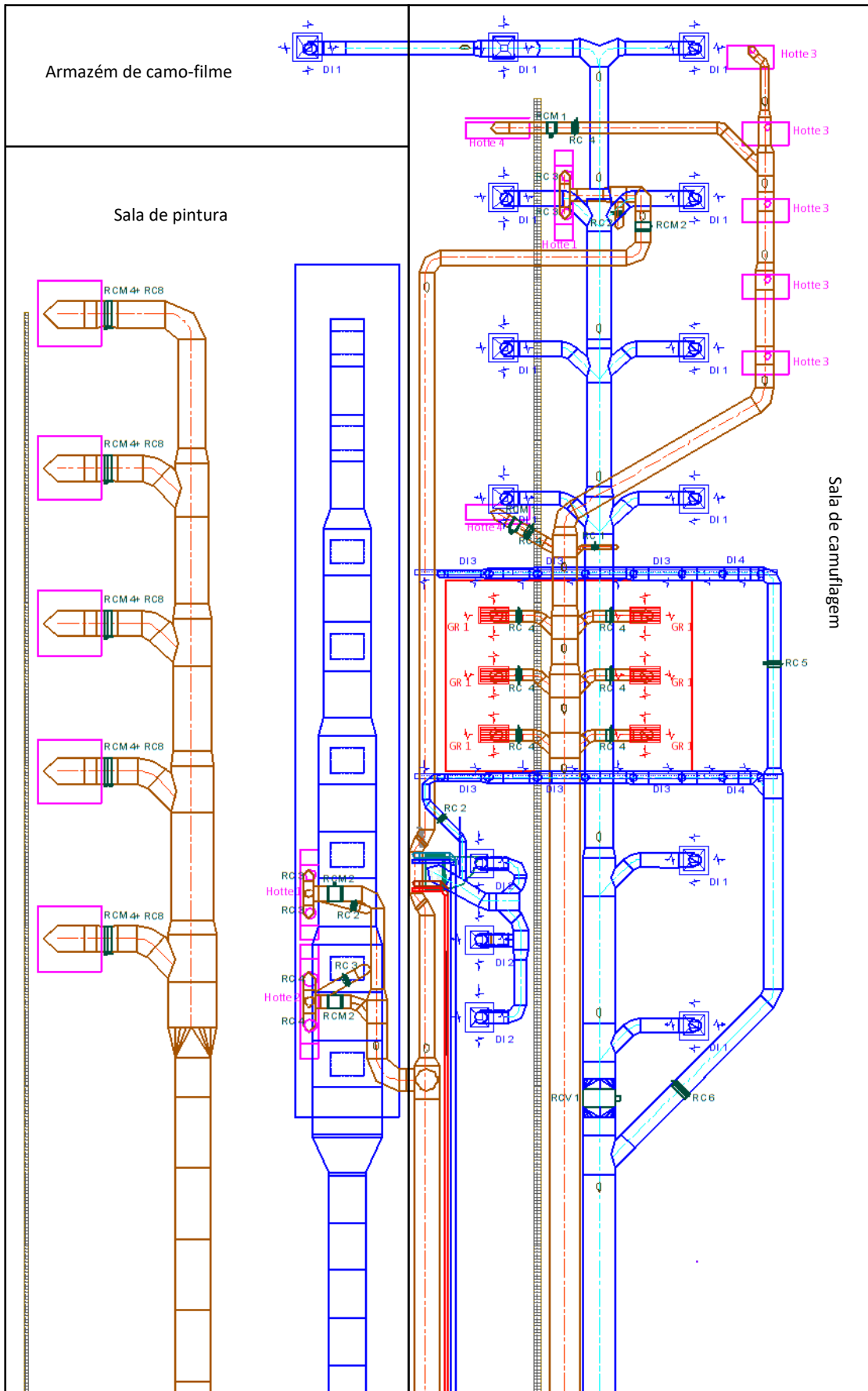


Figura 4.1 - Sistema AVAC interior

Esta insuflação é promovida por duas UTAs onde cada uma está ligada a duas bombas duplas, uma bomba para água fria e outra para água quente, que por sua vez estão ligadas aos depósitos de inércia, sendo também um para água fria e outro para água quente, estes por fim estão conectados aos “chillers-bomba de calor”, como é possível observar pela Figura 4.2. Todos estes equipamentos encontram-se na cobertura da fábrica apoiados numa estrutura metálica, onde as tubagens passam por baixo da mesma, para assim ser mais fácil o acesso aos equipamentos.

De notar que, as tubagens a azul corresponde à água fria e as tubagens a vermelho corresponde à água quente.

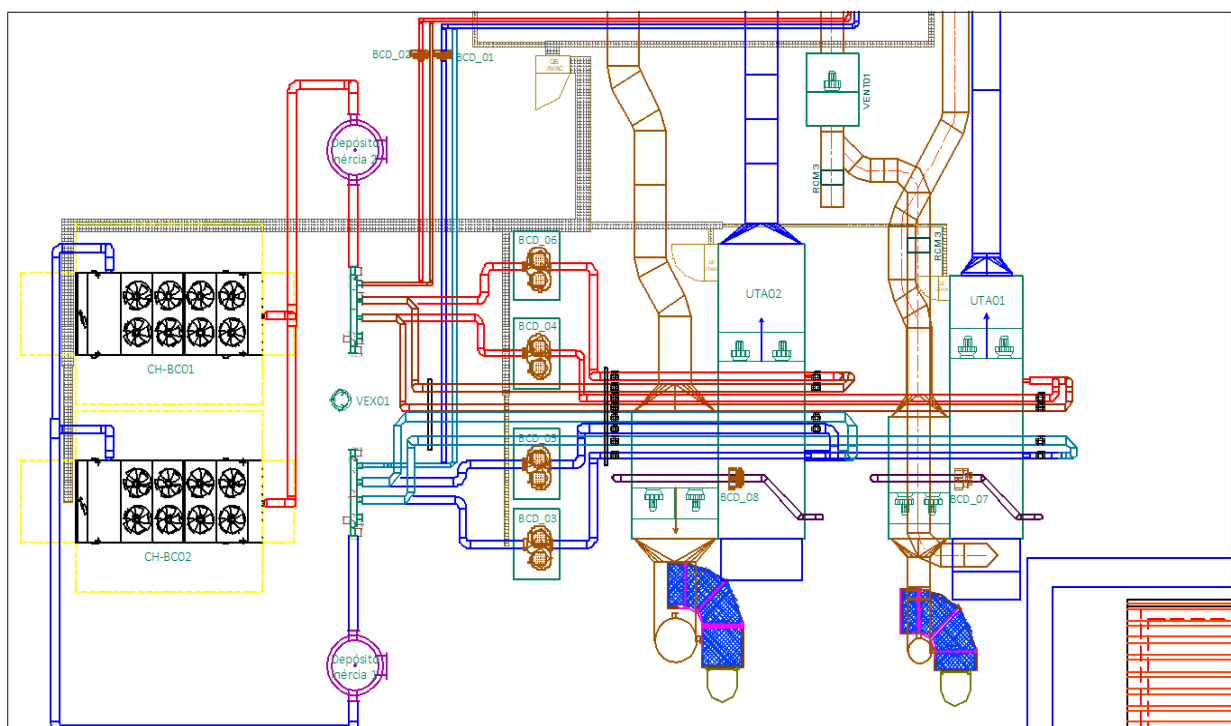


Figura 4.2 – Sistema AVAC exterior

No total existem dois sistemas AVAC independentes, que trabalham em simultâneo.

Um para a climatização e exaustão da sala de camuflagem e do armazém, que corresponde à “UTA01”, onde a água quente e a água fria, provenientes do “Chiller – Bomba de calor”, “CH-BC01”, são bombeadas através das bombas BCD_04 e BCD_03, respetivamente. Neste sistema, o ar proveniente da exaustão das estufas é passível de ser reutilizado, uma vez que, não se trata de uma exaustão de poluentes.

O outro sistema corresponde à climatização e exaustão da sala de pintura, que é promovida pela “UTA02”, onde a água quente e a água fria, provenientes do “Chiller - Bomba de calor”, “CH-BC02”, são bombeadas através das bombas BCD_06 e BCD_5, respetivamente.

Em ambos os sistemas, o ar proveniente da exaustão dos poluentes tem que ser, obrigatoriamente, libertado para a atmosfera, contudo antes da sua libertação é realizada uma permuta de calor com o ar novo, de modo a existir um aproveitamento térmico. Nesta permuta não pode existir trocas de ar, para que não ocorra a contaminação do ar novo, daí que, o permutador utilizado é constituído por dois percursos separados.

4.3. REALIZAÇÃO DOS CÁLCULOS

Após o desenho do traçado é necessário proceder aos cálculos e considerações para determinar: a geometria dos captores, a velocidade de captação, os caudais necessários para a execução do projeto e as perdas de carga.

4.3.1. GEOMETRIA DOS CAPTORES

Atualmente no mercado existem diversos tipos de captores com as mais variadas geometrias e dimensões de modo a abrangerem a maior quantidade de cenários, Figura 4.3.⁵

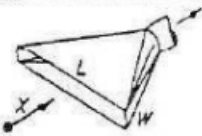
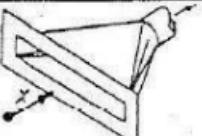
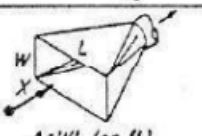
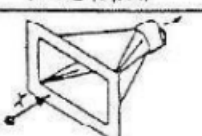
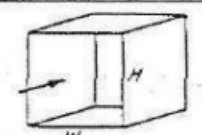
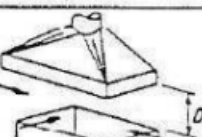
HOOD TYPE	DESCRIPTION	ASPECT RATIO, $\frac{H}{L}$	AIR VOLUME
	SLOT	0.2 or less	$Q = 3.7 LVX$ (Reference 38)
	FLANGED SLOT	0.2 or less	$Q = 2.5 LVX$ (Reference 38)
	PLAIN OPENING	0.2 or greater and round	$Q = V(10X^2 + A)$ (Reference 9)
	FLANGED OPENING	0.2 or greater and round	$Q = 0.75V(10X^2 + A)$
	BOOTH	To suit work	$Q = VA - VWH$
	CANOPY	To suit work	$Q = 1.4PDV$ See VS-903 P = perimeter of work D = height above work

Figura 4.3 - Tipos de captores

Neste projeto existem várias fontes diferentes de produção de poluentes, onde cada uma tem as suas particularidades, o que levou ao desenvolvimento de captadores específicos para cada caso.

Contudo, irá ser abordado o caso das cabines de pintura como exemplo dos cálculos e do caminho a seguir para chegar ao caudal necessário. Primeiramente, aproveitou-se as cabines que já se encontravam em utilização na empresa, Figura 4.4. Onde na parede de fundo está presente uma cascata de água que funciona como uma filtragem primária, de modo a absorver uma parte das partículas produzidas, sendo que, as restantes partículas serão extraídas pelo sistema de exaustão, onde passarão por uma segunda filtragem, que será a filtragem principal. Neste caso pode ser considerado um captador do tipo “Booth”.

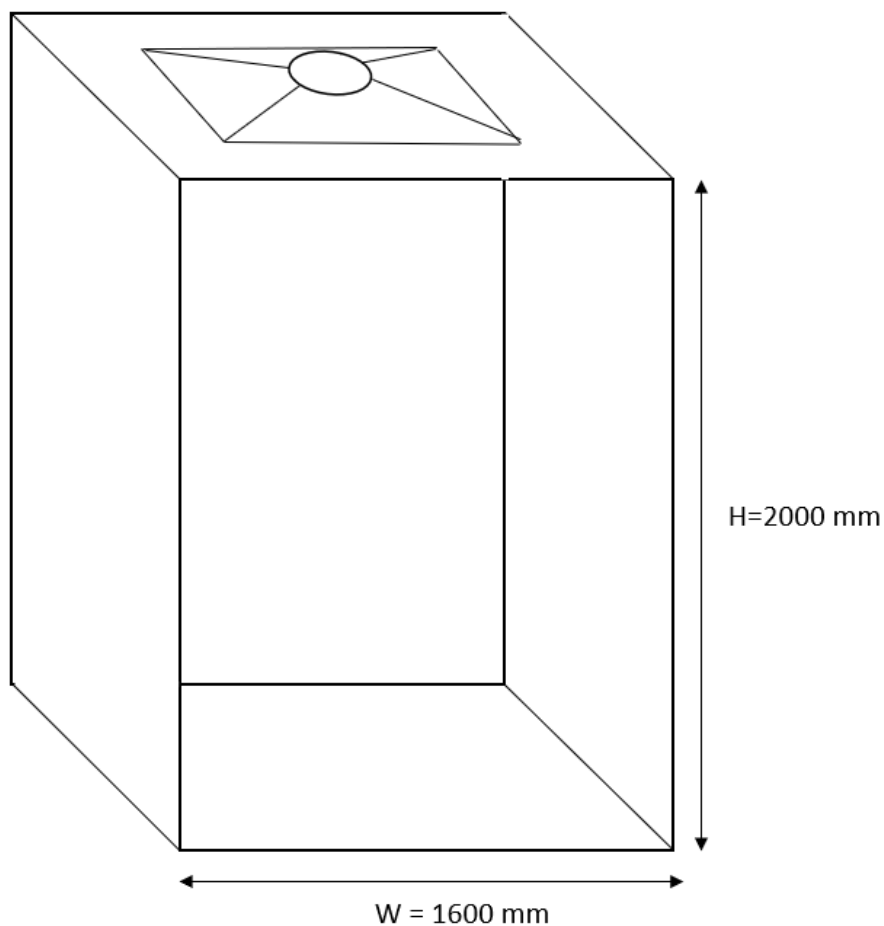


Figura 4.4 – Dimensões da cabine de pintura

4.3.2. VELOCIDADE DE CAPTAÇÃO

Para a determinação da velocidade de captação é necessário ter em conta as condições de dispersão dos poluentes, uma vez que, quanto mais denso for o poluente e mais agitado for o ambiente que o rodeia, maior tem que ser a velocidade de captação, Figura 4.5. ⁵

Neste caso, o trabalho realizado é de pintura, sendo que, o poluente encontra-se restringido numa cabine, o que leva a uma menor necessidade de velocidade de captação pois existe uma menor agitação do ar circundante. Com isto, foi considerada uma velocidade de captação de $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, que se encaixa no intervalo de velocidades para “Libertação a baixa velocidade em ar moderadamente agitado”.

Condição de dispersão dos poluentes	Exemplos	Velocidade de Captação [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
Libertação sem velocidade em ar calmo	Tanques, desgorduramento, etc.	0.25 – 0.51
Libertação a baixa velocidade em ar moderadamente agitado	Cargas intermitentes, soldadura, cromagem, etc.	0.51 – 1.02
Geração activa de poluentes em zonas de ar agitado	Pintura em câmaras, carregamento de inertes, etc.	1.02 – 2.54
Libertação do poluente com velocidade inicial elevada em zonas de ar muito agitado	Esmerilagem, lixagem grosseira, etc.	2.54 – 10.16

Figura 4.5 - Velocidade de captação

4.3.3. CAUDAL

Uma vez tendo a velocidade de captação e a área do captador, é possível calcular o caudal a utilizar através da equação (4.1), retirada da Figura 4.3.

$$Q = V \times A = V \times (W \times H), \quad (4.1)$$

$$Q = (0,8 \times 3600) \times (1,6 \times 2) = 9216 \text{ m}^3/h, \quad (4.2)$$

O caudal obtido na equação 4.2 terá que ser assegurado em todas as cabines de pintura de modo a que ocorra uma completa extração do poluente sem que haja fugas para o exterior das mesmas. Após realizar o mesmo procedimento para todas as zonas foi possível verificar que a área de pintura é a que necessita de um maior caudal de ar novo, como demonstra a Tabela 4.1, onde estão presentes os caudais necessários para os diferentes espaços e as unidades responsáveis pela insuflação e/ou extração de ar.

Tabela 4.1 - Climatização dos diferentes espaços

Espaço	Designação do espaço	Caudal de Ar novo (m ³ /h)	Unidade de ventilação
Espaço 1	Área da Camuflagem	13030	UTA01 OCRAM UTA MU08
Espaço 2	Área da Pintura	24750	UTA02 OCRAM UTA MU11
Espaço 3	Área Armazenamento Camo-Filme	100	UTA01 OCRAM UTA MU088

4.3.4. PERDAS DE CARGA

Contudo, para o correto dimensionamento da instalação é essencial saber também a pressão manométrica necessária, e, para tal, as perdas de carga da linha no “troço crítico”, ou seja, o troço mais desfavorável. Para isto é necessário calcular dois tipos de perdas de carga, a perda de carga distribuída e a perda de carga localizada.

A perda de carga distribuída é causada devido à fricção do fluido com a parede das tubagens ao longo do escoamento. Logo, o diâmetro dos tubos e a velocidade de escoamento são os principais fatores que influenciam diretamente na redução de produtividade e aumento dos custos do processo.

Já a perda de carga localizada ocorre devido às variações de velocidade ou a mudanças bruscas de direção do escoamento (como tês, curvas, derivações, etc.), bem como às perdas de carga associadas aos equipamentos (como baterias, permutadores, depósitos, filtros, etc.). Esta perda de carga é a que tem uma maior complexidade de cálculo, bem como um maior peso na equação, daí que, seja importante reduzir ao máximo o número de curvas e estrangulamentos ao longo da tubagem de modo a obter uma maior poupança nos consumos de utilização.

Para o cálculo das perdas de carga atrás mencionadas a empresa tem estruturada uma folha de cálculo em “Excel”, de modo a ser mais simples e rápido a determinação das mesmas.

4.4. CASO ESPECIAL PARA A MÁQUINA DE "AQUAPRINT"

A máquina de "Aquaprint" é utilizada para a realização de uma técnica de pintura hidrográfica, de modo a ser possível imprimir diversos estilos de cores ou padrões em qualquer tipo de peça, mesmo com as geometrias mais complexas. Neste caso de estudo, a máquina, representada na Figura 4.6, é utilizada para a camuflagem de armas.



Figura 4.6 - Máquina de "Aquaprint"

Este processo consiste na colocação de um filtro camo-filme sobre um tanque de água, filtro este que contém a cor ou o padrão desejado, ficando o mesmo na superfície. De seguida é colocado um spray sobre o filtro onde por fim, é mergulhada a peça lentamente através de um braço mecânico. Após a peça estar totalmente submergida é retirada do tanque e colocada numa estufa a secar.

O maior problema deste processo é o spray colocado inicialmente, pois este é tóxico e necessita de ser extraído. Contudo, o que torna este caso mais difícil é o facto de as velocidades de captação não poderem ser muito elevadas para não causar perturbações na água e o ponto de captação não poder ficar perto da fonte emissora do poluente devido à altura do braço mecânico. Assim sendo, foi necessário desenvolver uma solução específica para este caso.

A primeira regra quando falamos de extração de poluentes é restringir o máximo possível a zona onde estes se encontram e colocar o captador o mais próximo possível da fonte emissora. Neste caso, o primeiro passo passou pela certificação de que o poluente não contaminaria o resto do espaço, restringindo-o aquela zona, pela utilização de uma chapa na parte superior e pela criação de uma cortina de ar, através de jatos com uma determinada inclinação. Na Figura 4.7 é possível ver representada a chapa, contudo esta é uma representação meramente figurativa, pois a mesma não se encontra neste plano como é possível observar na Figura 4.8, já os injetores estão devidamente representados.

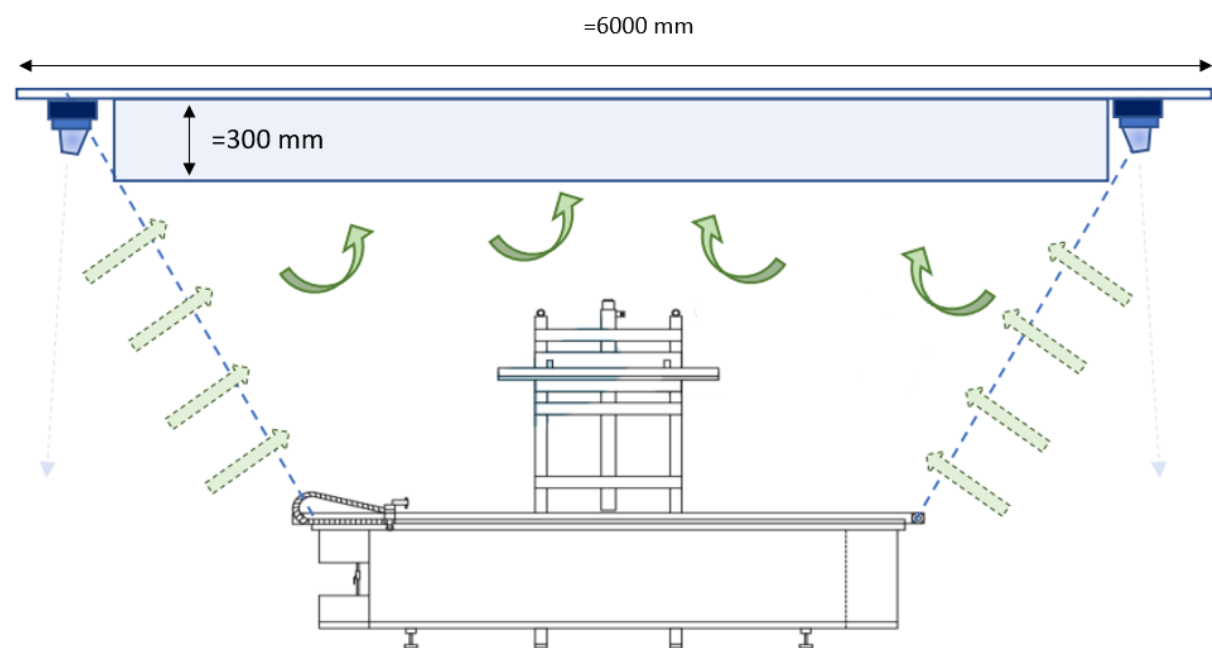


Figura 4.7 - Sistema de exaustão da máquina de "Aquaprint", vista frontal

Na Figura 4.8 é possível observar uma vista superior do sistema em análise, onde: a verde encontram-se representadas as condutas de exaustão, sendo que, esta é realizada a partir de oito difusores, quatro em cima de cada máquina; a azul encontram-se as condutas de insuflação, onde também é possível observar os diversos círculos pequenos que representem os injetores, estes injetores podem ser direcionados manualmente; por fim, as linhas a vermelho representam a chapa com 300 mm colocada na parte superior do sistema.

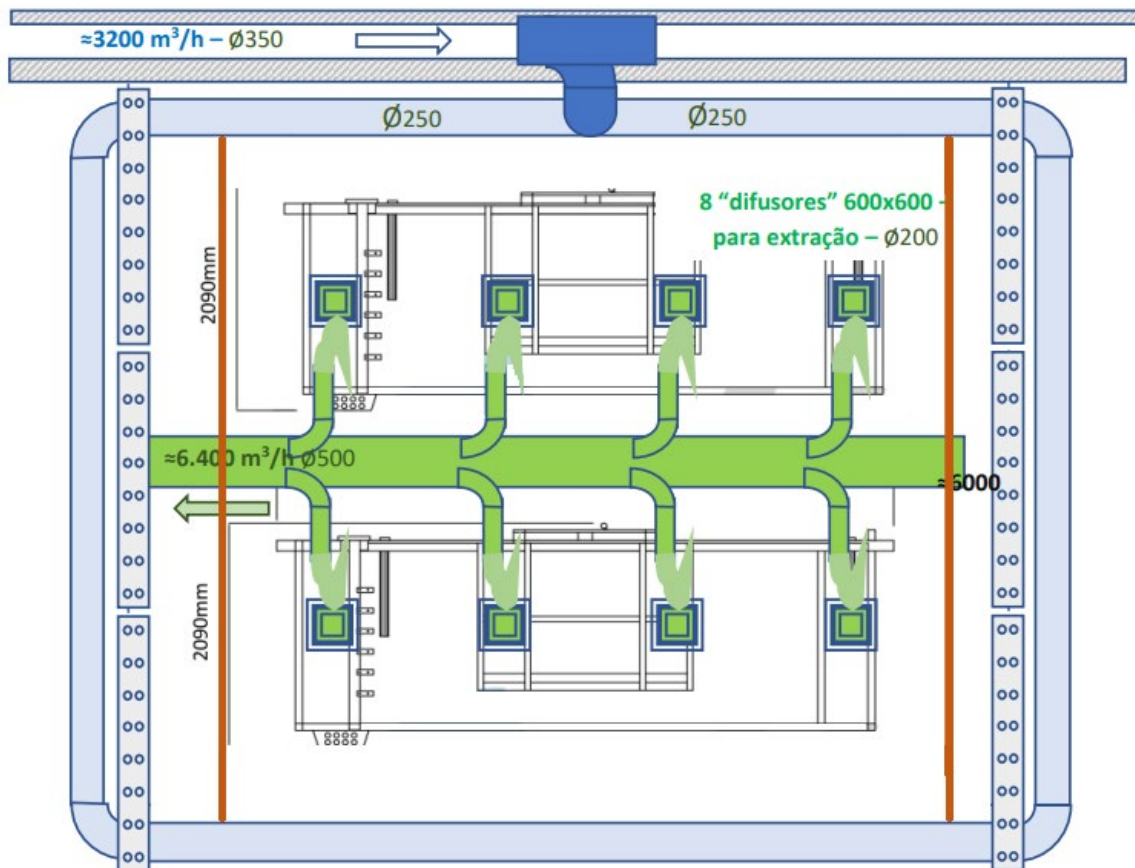


Figura 4.8 - Sistema de exaustão da máquina de "Aquaprint", vista superior

Outra característica deste sistema é o facto de o caudal de insuflação ($3200 \text{ m}^3/\text{h}$) ser metade do caudal de extração ($6400 \text{ m}^3/\text{h}$), isto porque, uma vez que queremos que o poluente seja extraído sem contaminar o resto da sala, tenciona-se gerar uma diferença de pressões que faça com que o ar flua de fora do sistema para dentro e não o contrário. Também de notar que, a velocidade de captação utilizada neste caso foi de $0,05 \text{ m/s}$, ou seja, uma velocidade bastante baixa.

4.5. MONTAGEM DO SISTEMA E CERTIFICAÇÃO

4.5.1. MONTAGEM DO SISTEMA

Uma vez a instalação completamente dimensionada e os equipamentos seleccionados, procedeu-se ao último passo antes da sua montagem, a realização de um mapa de acabamentos, Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Mapa de acabamentos

Sistema técnico	Espaço 1	Espaço 2	Espaço 3	Exterior
Rede de condutas / elementos de insuflação	Instalação “teto falso”, isolada	Instalação “teto falso”, isolada	Instalação “teto falso”, isolada	Instalação “à vista” ¹⁾ , isolada, forra mecânica
Rede de condutas / elementos de retorno				
Linha hidráulica de água fria - impulsão/retorno	n.a.	n.a.	Instalação “teto falso”, isolada	Instalação “à vista”, isolada, forra mecânica
Linha hidráulica de água quente - impulsão/retorno				
Linha hidráulica de condensados/esgoto	n.a.	n.a.	Instalação “à vista”, isolada	Instalação normal ²⁾

Nota: 1) Instalação “à vista” significa cuidados técnicos e estéticos adicionais, de modo a apresentar o melhor aspeto visual possível.

2) Instalação “normal” significa cuidados técnicos habituais.

Tendo isto, foi então possível proceder à montagem do sistema. Esta montagem foi realizada ao longo de 16 semanas, sendo que, a mesma teve que ser realizada por partes.

Primeiramente, começou-se pela desmontagem das condutas associadas ao sistema já existente, para assim ser possível a instalação das novas condutas. Após isto, realizaram-se todas as tarefas passíveis de serem realizadas sem que fosse necessária a utilização de uma grua para a colocação dos equipamentos na cobertura da empresa ou a interrupção da produção, como por exemplo, a montagem da estrutura metálica que servirá de suporte para os equipamentos na cobertura. A utilização da grua deve ser planeada e agendada de modo a que todas as tarefas que a requerem, como a colocação dos “chillers/Bomba de calor” na cobertura sejam realizadas no mesmo dia e no menor período de tempo possível, uma vez que a mesma é alugada e paga à hora. Contudo, outro fator importante ter em conta no agendamento da grua é a certificação de que todas as tarefas que gerem dependência com as tarefas a realizar com a grua estejam concluídas, como por exemplo, a colocação do “Chiller/Bomba de calor” só pode ser efetuada uma vez que o suporte metálico esteja montado.

Por fim, tudo que implicasse montagem na zona de trabalho ocupada por operadores teve que ser realizado aos sábados ou em horário noturno, de modo a preservar a segurança de todos e impedir a paragem de produção da fábrica.

Importante salientar que alguns atrasos na montagem do sistema deveram-se ao atraso na entrega de determinados equipamentos, nomeadamente as UTA's (Unidade de tratamento de ar).

Esta montagem deve seguir diversas regras de segurança para que tudo corra em conformidade e sem acidentes, sendo que, os trabalhadores deverão utilizar não só equipamentos de proteção individual (luvas, capacete e botas), mas também equipamentos de proteção coletiva.

4.5.2.CERTIFICAÇÃO

As certificações são ferramentas fundamentais para as organizações que querem melhorar os seus processos, produtos, serviços e consequentemente demonstrar ao mercado nacional e internacional o seu compromisso com a melhoria contínua e satisfação de seus clientes.

Assim sendo, a Lusitar possui diversas certificações, de entre as quais: certificação para manuseamento de gases fluorados com elevado efeito de estufa, tendo técnicos certificados pelo CENTERM e empresa certificada pelo CERTIF; certificação para manuseamento de substâncias que empobrecem a camada do ozono pela Agência Portuguesa do Ambiente; e ainda, certificação de técnicos TIM III, pela ADENE, para instalação e manutenção de equipamentos e sistemas nos edifícios que enquadrados no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE).

5. OTIMIZAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo, serão sugeridas diversas melhorias e otimizações, onde de seguida serão avaliadas de modo a verificar a sua fiabilidade para implementação no projeto em estudo. Estas melhorias terão por base a diminuição dos custos de utilização, o aumento do tempo de vida dos equipamentos, a redução do tempo de desenvolvimento do projeto, a periodicidade da realização das manutenções e a correção de erros detetados após a conclusão do projeto.

Contudo, a Lusitar já é uma empresa que conta com mais de 16 anos de experiência na indústria, e como tal, já tem um aperfeiçoamento e otimização dos seus processos desenvolvido ao longo destes anos.

Deste modo, em conjunto com diversos elementos da empresa foi possível obter várias ideias para melhorias, tanto do projeto em estudo como para eventuais projetos futuros.

5.1. REGULAÇÃO DO CAUDAL DAS CABINES DE PINTURA

Atualmente, todas as cabines de pintura estão munidas de uma válvula “ON/OFF”, para que, caso alguma não esteja a ser utilizada possa ser fechada, fazendo assim com que o ventilador ajuste o seu caudal, impedindo assim o consumo desnecessário.

Contudo, ao fechar a válvula de uma ou mais cabines o sistema fica em desequilíbrio, sendo que, não é possível garantir o mesmo caudal em todas as cabines, podendo então alguma delas ficar com um caudal insuficiente.

Para um melhor controlo do caudal é proposta a substituição da válvula “ON/OFF” por uma válvula “Opti Drive”, que funciona como reguladora de caudal, Figura 5.1. Uma das vantagens desta válvula é o facto de ser comandada através de um controlador geral, onde também estarão conectadas as válvulas das outras cabines de pintura. Deste modo, é possível o controlo e a regulação automática dos caudais em cada cabine, através da análise das pressões nas mesmas, corrigindo assim o desequilíbrio gerado pelo fecho de uma ou mais cabines.

Outra vantagem será a possibilidade de pré-definir modos de funcionamento, que poderão ser acionados através de um botão presente no interior de cada cabine. Estes modos podem ser destinados, por exemplo, à pintura de peças de maiores dimensões ou trabalhos

que requerem uma maior pressão para pintar, onde são necessários maiores caudais, para garantir a completa extração do poluente.



Figura 5.1 - Válvula "Opti Drive" (VAV)

Contudo, para além desta válvula possibilitar um controlo mais eficiente da instalação, a mesma poderá acarretar maiores custos de utilização, isto porque, caso o controlo da mesma não seja realizado da melhor maneira e, por exemplo, estiver sempre em funcionamento na predefinição de maior caudal, projetado apenas para casos extraordinários, resultará em maiores consumos. Por outro lado, se for utilizada de forma responsável, a mesma poderá levar a uma maior eficiência energética. Na Figura 5.2, encontra-se uma representação figurativa da válvula na cabine de pintura.

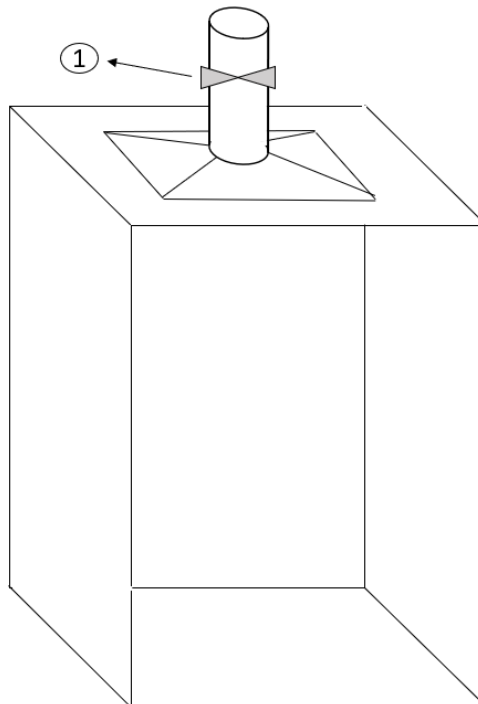


Figura 5.2 - Melhoria da cabine de pintura através da aplicação de uma válvula "Opti Drive" representada pelo número 1

5.2. COLOCAÇÃO DE UMA CHAPA PARA REDUÇÃO DA ÁREA DE ENTRADA DO CAPTADOR

Ainda neste caso, foi pensado também na colocação de uma chapa, com cerca de 300mm, na zona superior da cabine, como demonstrado na Figura 5.3, para assim reduzir a área de entrada do captador, de modo a que seja possível obter a mesma velocidade de captação para um caudal menor. Isto porque o caudal é igual à área de entrada do captador vezes a velocidade de captação, equação (4.1).

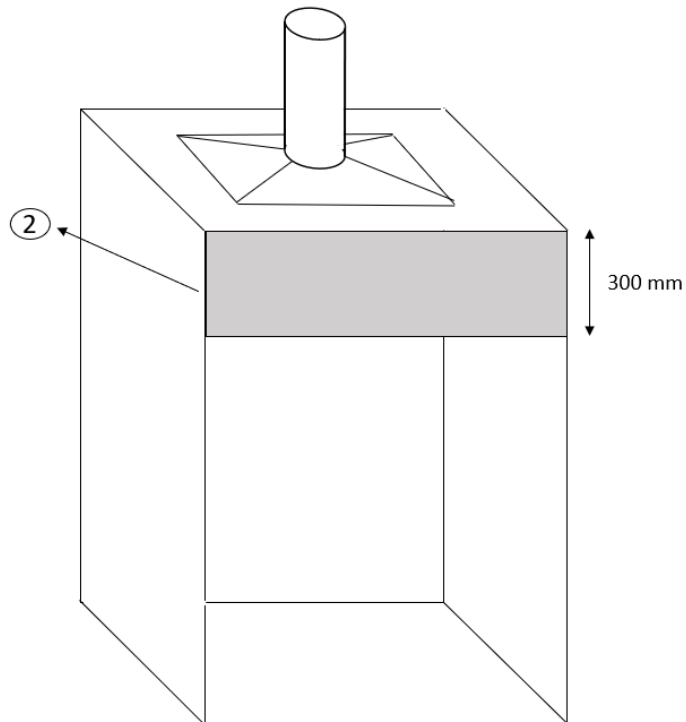


Figura 5.3 - Melhoria da cabine de pintura através da aplicação de uma chapa representada pelo número 2

Uma vez mantendo a velocidade de captação de 0,8 m/s e alterando a altura do captador de 2000 mm para 1700 mm, ou seja, retirando os 300 mm cobertos pela chapa, obtemos o caudal de extração de 7834 m³/h, como é possível verificar pela equação (5.1).

$$Q = (0,8 \times 3600) \times (1,6 \times 1,7) = 7834 \text{ m}^3/\text{h}, \quad (5.1)$$

Esta simples alteração irá originar uma redução de caudal por cabine de 15%, correspondente a 1382 m³/h, equação (5.2). Sendo que, no espaço estão presentes 5 cabines de pintura, a redução total de caudal representa 6910 m³/h.

$$Q_{reduzido} = 9216 - 7834 = 1382 \text{ m}^3/h, \quad (5.2)$$

Esta melhoria aparenta ser viável, uma vez que tem uma execução simples e garante uma diminuição dos custos de utilização. Uma das desvantagens neste caso seria o perigo que constitui para pessoas com uma altura superior a 1,70m, o que poderia levar à obrigatoriedade da utilização de capacete para os trabalhadores. Neste caso, teria que se colocar uma proteção na aresta livre da chapa de modo a proteger e preservar a saúde dos trabalhadores. Outra desvantagem seria o aspeto visual e a falta de fluidez do local de trabalho.

Uma solução para este problema poderia passar pela colocação de uma chapa móvel, que estivesse sempre levantada e apenas se baixasse quando o operador se encontrasse no interior da cabine a executar algum trabalho, Figura 5.4.

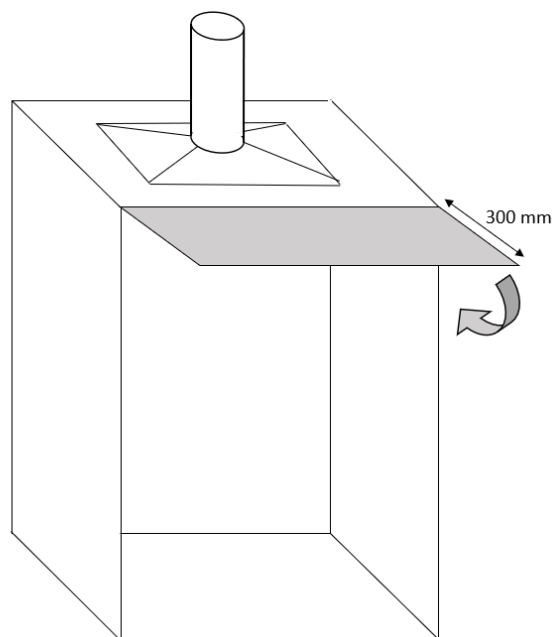


Figura 5.4 - Melhoria da cabine de pintura através da colocação de uma chapa móvel

O movimento desta chapa poderia ser realizado de duas maneiras: manualmente, utilizando o princípio das malas dos automóveis onde, através de dois amortecedores, a chapa ficaria na sua posição inicial, levantada, e quando pretendido esta seria puxada para baixo e trancada de modo a manter-se naquela posição; ou automaticamente, através de um botão localizado no interior da cabine que acionaria um motor elétrico e este, por sua vez, realizaria o movimento da chapa.

5.3. SUBSTITUIÇÃO DOS FILTROS DAS CABINES DE PINTURA

Uma semana após o arranque do sistema observou-se que os filtros instalados nas cabines de pintura, filtro "Paint-Stop", Figura 5.5, encontravam-se colmatados. Isto ocorreu devido ao facto de, na altura do dimensionamento dos filtros não se ter prestado a devida atenção aos diferentes tipos de poluentes em questão. A ficha técnica destes filtros encontra-se no Anexo A: Ficha técnica do filtro "Paint-Stop".⁶



Figura 5.5 - Filtro "Paint-Stop"

É importante perceber que nem sempre o filtro mais fino ou com maior capacidade de captação de partículas é a melhor opção. Os filtros devem ser pensados quanto á sua utilização e ao tipo de poluente, daí os fabricantes fornecerem uma tabela onde indicam a quantidade de partículas que determinado filtro é capaz de suportar, tendo em conta determinado tipo de poluente.

Assim sendo, após conversar com o cliente, este afirmou que antes da implementação do novo sistema de exaustão, era realizada todos os meses a limpeza das condutas, de onde se retirava cerca de cinco sacos de 25L de partículas, sendo estas de tinta e de verniz. Estes dados são extremamente importantes, na medida em que nos fornecem informação da quantidade aproximada de poluente que é produzido por mês. Após a obtenção destes dados rapidamente se percebe o porquê de os filtros atuais ficarem colmatados, pois os mesmos não possuem capacidade para suportarem tamanha quantidade de partículas, tendo de ser removidos e substituídos todas as semanas. Contudo, reparou-se que as partículas que causavam a colmatação dos filtros eram as do verniz, pois nas cabines onde apenas se realizavam trabalhos de pintura não existia esse problema.

Em alternativa a estes filtros é sugerido a aplicação de uns filtros de bolsas “F50 Compact pocket filter”, Figura 5.6, uma vez que estes possuem uma maior capacidade para reter e armazenar partículas, aumentando assim o seu intervalo de manutenção, a ficha técnica destes filtros encontra-se no Anexo B: Ficha técnica do filtro “F50 Compact Pocket Filter”.⁷

Esta alteração irá gerar uma poupança imediata, na medida em que, com os filtros anteriores, “Paint-Stop”, após uma semana de utilização teriam de ser substituídos, e com a substituição para os filtros de bolsas o seu período de manutenção passaria para um intervalo de 3 a 4 semanas.

Contudo, esta alteração apresenta uma desvantagem, pois estes filtros implicam uma maior pressão estática e o ventilador atualmente presente não tem essa capacidade, ou seja, seriam necessário a substituição do mesmo, o que iria implicar um custo.

Ainda assim, esta alteração a longo prazo seria sempre uma mais valia, pois mesmo tendo em conta o custo inicial da substituição do ventilador, a poupança gerada pela manutenção seria maior.



Figura 5.6 - “F50 Compact pocket filter”

5.4. REESTRUTURAÇÃO DA CABINE DE PINTURA

Como já foi abordado anteriormente no presente caso de estudo, as cabines apresentam uma pré filtragem através de uma parede de água. Contudo, para além dessa pré filtragem não ser totalmente eficiente, deixando passar bastantes quantidades de partículas, a mesma acarreta custos elevados, para não falar de todo sistema de enormes dimensões presente por de trás.

Tendo isto, foi pensado numa reestruturação da ideologia da cabine, retirando a parede de água atualmente presente, substituindo por uma parede composta pelos filtros “Edrizzi Vario Medium”, Figura 5.7. Estes filtros continuarão a funcionar como uma pré filtragem, sendo que a filtragem secundária seria garantida pelos filtros de bolsas, abordados no capítulo anterior, representados na Figura 5.6.



Figura 5.7 - Filtros "Edrizzi"

Os filtros “Edrizzi” consistem numa caixa de cartão com diversos percursos para o ar fluir, contudo, nesses percursos existem obstáculos ao seu escoamento, e o choque do ar contra os mesmos faz com que as partículas se depositem. Uma das vantagens destes filtros é possuírem uma elevada capacidade de armazenamento de partículas, até 25kg, sendo que, apresentam um custo bastante reduzido. Contudo, também apresentam desvantagens, como uma elevada perda de carga inicial, 200 Pa. A ficha técnica destes encontra-se no Anexo C: Ficha técnica filtro “Edrizzi”.⁸

Atualmente a UTA responsável pela zona da pintura tem uma pressão estática disponível de 350 Pa, onde 250 Pa seria para a perda de carga máxima dos filtros e 100 Pa para as perdas de carga nas condutas. Porém, com a implementação desta otimização, a pressão estática disponível da UTA teria que ser no mínimo 750 Pa, onde 350 Pa seria para a perda de carga máxima dos filtros “Edrizzi”, 300 Pa para a perda de carga máxima dos filtros de bolsa e 100 Pa para as perdas de carga nas condutas. É importante referir que no filtro “Edrizzi” as perdas de carga podem chegar aos 1000 Pa, contudo, este valor é incomportável, na medida em que

irá despoletar elevados consumos. Através da análise destes dados é possível verificar que os ventiladores atuais não são capazes de satisfazer as necessidades, da qual se sugerem duas alternativas: a substituição dos ventiladores por outros com maior pressão estática; ou a adição de mais dois ventiladores iguais aos já presentes, de modo a aproveitar os ventiladores atuais.

Esta melhoria iria implicar uma poupança de custos enorme, pois deixaria de ser necessária a limpeza das condutas, cerca de 1500 €/mês, bem como não seria necessário todo o sistema para o tratamento de água, que segundo uma estimativa representa um custo mensal entre 2000 € e 2500 €. A esta melhoria acrescia um custo de substituição dos filtros, que seria cerca de 400 €/mês por cabine, sendo que existem cinco cabines de pintura, correspondia a 1500€/mês. Feitas as contas, é possível notar uma poupança mensal de 2000€ a 2500€, sendo que, com a remoção do sistema de tratamento de água também se ganhará chão de obra, valor esse que é inestimável e pode ser aproveitado para expansão da produção.

5.5. CONFINAMENTO DA MÁQUINA DE “AQUAPRINT”

Como referido anteriormente, o principal objetivo quando se trata de exaustão de poluentes é conseguir restringir ao máximo a zona onde este se encontra, bem como, colocar o ponto de captação o mais perto possível da fonte emissora.

Tendo por base este conceito, será desenvolvida uma otimização que tem como objetivo um maior confinamento da máquina de “Aquaprint”, zona esta inerente à utilização do poluente em questão, isto, para que assim seja possível reduzir o caudal de extração e, por sua vez, o caudal de insuflação.

O ideal seria o confinamento total da zona onde se encontram as duas máquinas, contudo, o mesmo não é possível, visto que, o local onde estas estão, constitui uma zona de passagem, a qual não pode ser interdita. Tendo isto, foi pensado na realização de um prolongamento, de 2700 mm, da chapa já projetada, apenas nas laterais das máquinas, ou seja, nas zonas onde já não é possível a passagem de trabalhadores. Esta proposta pode ser observada na Figura 5.8 e Figura 5.9.

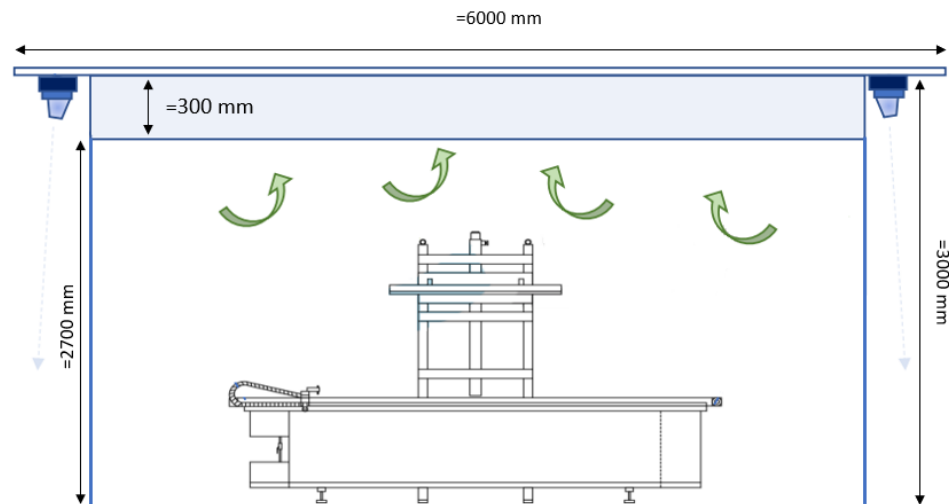


Figura 5.8 - Prolongamento até ao chão da chapa de redução da área de captação na máquina de "Aquaprint", vista frontal

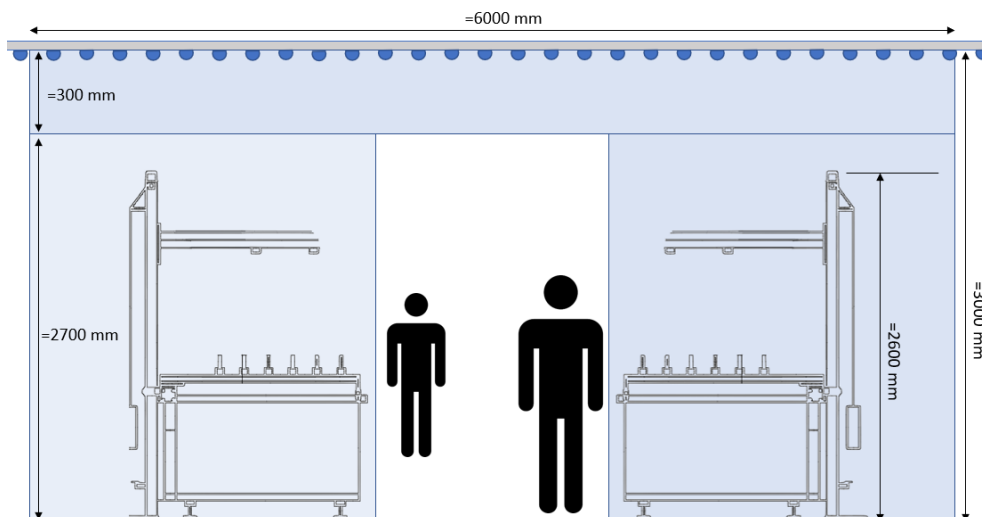


Figura 5.9 - Prolongamento até ao chão da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista lateral

A implementação desta otimização iria resultar numa redução enorme da área de captação, que por sua vez, iria implicar uma diminuição dos caudais a utilizar. Contudo, a mesma não pode ser aplicada, devido aos botões existentes na lateral da máquina que é necessário o acesso, assim como, a realização do prolongamento até ao chão na prática não seria tão vantajoso, pois na teoria reduziria a área de captação, porém o próprio equipamento já funciona como barreira à dispersão do poluente. Assim sendo, foi pensada uma alteração desta melhoria, na qual se realizava apenas um prolongamento de 1200 mm, para que assim não exista qualquer impedimento ao correto funcionamento do equipamento, Figura 5.10 e Figura 5.11.

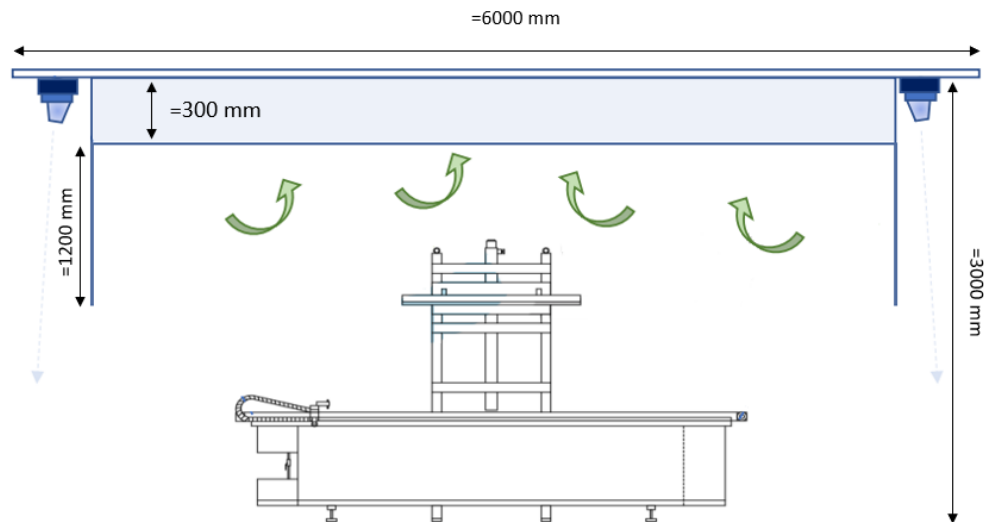


Figura 5.10 – Prolongamento, de 1200 mm, da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista frontal

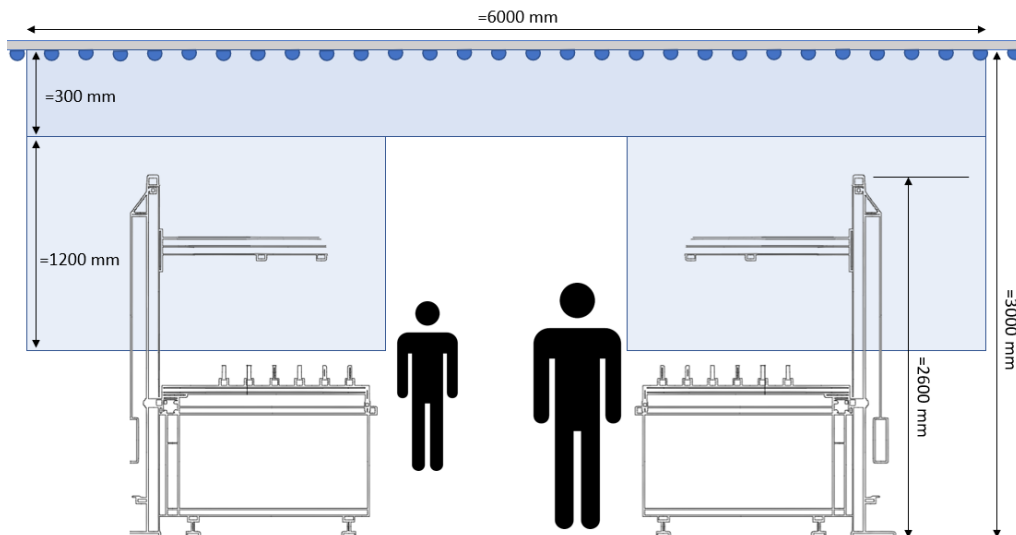


Figura 5.11 - Prolongamento, de 1200 mm, da chapa de redução de área de captação na máquina "Aquaprint", vista lateral

A implementação desta melhoria, para além de reduzir a área de captação, funcionará também como uma barreira física á dispersão do poluente, assim como, uma proteção a qualquer perturbação que possa existir na água do tanque devido ao ar insuflado.

Para ser possível perceber qual o caudal de extração do sistema após esta alteração, primeiro é necessário determinar a área de captação. Para tal, consultando a Figura 5.12, é possível retirar as medidas necessárias para o cálculo, contudo será necessário dividir a área total em três áreas diferentes, de notar que o calculado para esta lateral terá que ser multiplicado por dois para calcular a área da lateral oposta, equação (5.3).

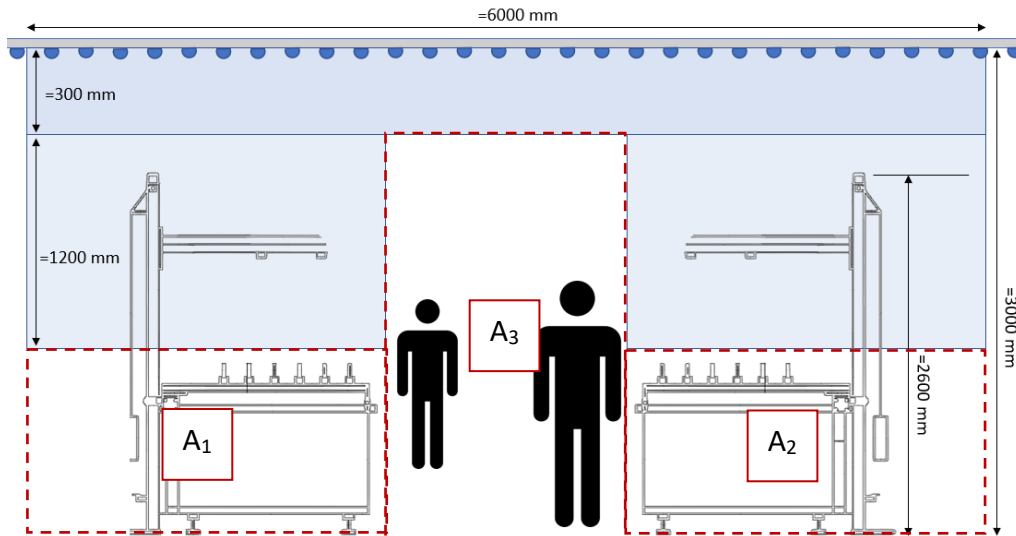


Figura 5.12 - Divisão da área de captação

$$A_{total} = (A_1 + A_2 + A_3) \times 2, \quad (5.3)$$

Tendo isto, é possível proceder ao cálculo das áreas parciais, equações (5.4), (5.5) e (5.6).

$$A_1 = Largura \times Altura = 2,25 \times 1,5 = 3,375 \text{ m}^2, \quad (5.4)$$

$$A_2 = A_1 = 3,375 \text{ m}^2, \quad (5.5)$$

$$A_3 = 1,5 \times 2,7 = 4,05 \text{ m}^2 \quad (5.6)$$

Uma vez determinadas as áreas parciais, pode então determinar-se a área total, equação (5.7).

$$A_{total} = (3,375 + 3,375 + 4,05) \times 2 = 21,6 \text{ m}^2, \quad (5.7)$$

Tendo a área total, já é possível determinar o caudal de extração otimizado, para a mesma velocidade de captação (0,05 m/s), equação (5.8)

$$Q_{otimizado} = 21,6 \times (0,05 \times 3600) \approx 4270 \text{ m}^3/h, \quad (5.8)$$

Com isto, pode concluir-se que, com a implementação desta otimização, tivemos uma redução de área de captação de 33,3%, o que levou a uma redução de caudal de exaustão de 2130 m³/h. Uma vez que, o caudal de insuflação corresponde a metade do caudal de extração, temos que, o caudal necessário insuflar após esta alteração é de 1065 m³/h.

De notar que, esta melhoria poderá funcionar numa perspetiva de melhor desempenho do sistema, ao invés de uma redução de custos. Ou seja, poderá ser mantido o caudal, contudo irá ser obtido uma maior velocidade de captação, o que também pode ser interessante caso a velocidade atual não esteja a ser suficiente, equação (5.9).

$$v_{\text{captação}} = \frac{\left(\frac{6400}{21,6}\right)}{3600} \approx 0,08 \text{ m/s}, \quad (5.8)$$

Contudo, esta alteração também apresenta as suas desvantagens, pois, como o prolongamento da chapa é efetuado até uma altura de 1,5 metros, passa a constitui um perigo para os trabalhadores, devendo estar devidamente sinalizada e protegida. Outra desvantagem será a parte visual, pois deste modo, deixará de existir um campo de visão tão amplo e fluido.

Em suma, é possível concluir que, esta alteração seria uma mais valia, na medida em que, levaria a uma otimização do caudal necessário, o que representa uma diminuição dos custos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

Com a finalização do estágio curricular, realizado na empresa Lusitar, foi possível concluir que, todos os objetivos propostos inicialmente foram atingidos, na medida em que foi possível encontrar vários pontos de otimização e melhoria do projeto, assim como, também foi possível aplicar os conhecimentos obtidos ao longo de todo o meu percurso académico na Universidade do Minho.

Através do contacto com profissionais experientes no terreno, fui capaz de adquirir novos conhecimentos e novas técnicas importantes no dia a dia de um engenheiro, sendo que também foi possível obter uma perspetiva pratica dos conceitos lecionados nas aulas.

Deste modo, após uma familiarização com o caso em estudo, foram realizadas visitas ao local onde a obra estava a ser realizada, para assim ter uma noção mais real de todo o projeto, bem como compreender os impedimentos e restrições do local. Neste momento, percebeu-se que existiam vários aspetos passíveis de serem melhorados, onde estas otimizações poderiam ser levadas para projetos futuros.

Assim sendo, foram propostas e desenvolvidas alterações ao projeto inicialmente implementado. Como a alteração da válvula “ON/OFF”, por uma válvula reguladora de caudal, que possibilitou um maior controlo do sistema, assim como, corrigir possíveis diferenças de caudal geradas pelo desequilíbrio do sistema. Já com a substituição dos filtros “Paint Stop” presentes nas cabines de pintura, por uns filtros de bolsas, foi possível reduzir o número de manutenções necessárias para a substituição dos filtros, na medida em que, em vez de serem substituídos todas as semanas, apenas seria necessária a substituição entre 3 a 4 semanas. Com a reestruturação da cabine de pintura, foi possível remover todo o sistema de tratamento de água presente, reduzindo assim os custos mensais e libertando bastante chão de obra. Esta alteração gerou uma poupança mensal entre 2000€ a 2500€, para além do espaço extra gerado, que pode ser usado para expansão de produção. Por fim, o prolongamento da chapa para a redução de área de captação na máquina de “aquaprint”, gerou uma redução de área de 33%, o que equivale a uma redução de caudal de exaustão de 2130 m³/h.

Todas estas alterações resultaram em otimizações de custo, melhorias de performance e/ou correção de erros observados após o arranque do sistema.

Considero que a realização deste estágio foi bastante produtiva e educativa, na medida em que me promoveu um contacto direto com profissionais no terreno, assim como, uma noção mais realista de todo o trabalho de um engenheiro, lidando com imprevistos e problemas reais do dia a dia.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

O tema de otimização do projeto AVAC pode ser muito vasto, na medida em que, o projeto não se restringe apenas à solução encontrada, mas sim a todo o trabalho realizado para lá chegar, como, o primeiro contacto com o cliente, como é realizada a passagem de informação entre o cliente e os diversos setores da empresa, como é gerido o escalonamento do pessoal para a obra, como é feita a gestão do material necessário, entre outras. Todas estas etapas são extremamente importantes e essenciais para um bom funcionamento geral do desenvolvimento do projeto e, neste aspeto, podem surgir vários pontos a melhorar, na perspetiva de otimização de tempo e recursos, bem como, precaver mal-entendidos ou perdas de informação relevante para a obra.

Outra proposta que surgiu em tema de conversa com um dos engenheiros do projeto seria aproveitar layouts de outras instalações realizadas anteriormente, para novos projetos, isto porque, a empresa muitas das vezes usa o mesmo modelo base para projetos diferentes, contudo esse modelo base tem que ser redesenhado para cada projeto pois não existe nenhuma base de dados onde se possa guardar.

Esta melhoria seria mais indicada para projetos futuros, e consistia na criação de um uma base de dados onde fosse possível guardar os layouts base de diversas instalações e, no futuro, dependendo da instalação desejada, o projetista iria à base de dados e escolheria o layout base mais indicado, originando assim uma otimização do tempo de desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Saldanha, P. Eficiência Energética nos Sistemas de AVAC Perspectiva do Projecto. (2013).
2. Lamberts, R. Desempenho térmico em edificações. *Laboratório Eficiência Energética em Edif. 7º*, 239 (2016).
3. Lobarinhas, P. Sistemas AVAC.
4. Geologia, D.-G. de E. e. Despacho n.º 6476-H/2021 de 1 de julho (Manual do SCE). (2006).
5. Clezar, C. A. & Nogueira, A. C. R. Ventilação Industrial. 239 (2009).
6. Capacity, P. S., For, A. & Mist, P. PAINT MIST ARRESTORS.
7. Operation, I. N. C. F 50 COMPACT POCKET FILTER. (2012).
8. Fine, V. & Types, C. EDRIZZI PAINT MIST ARRESTORS.

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DO FILTRO “PAINT-STOP”

PAINT MIST ARRESTORS



TYPES PS 50, PS 100 AND PSH 75 PAINT STOP HYDRO

FILTER TYPE	THICKNESS [mm]	PAINT STORAGE CAPACITY (at 80 Pa and 0.7 m/s) [g/m ²]	ARRESTANCE FOR PAINT MIST [%]
PS 50	50–65	3,500–4,700	90–95
PS 100	100–120	3,900–5,050	95–98
PSH 75	65–80	> 4,000	> 98



The application

High-quality filtration of the exhaust air from paint spray booths. The PS 100 type, thanks to its higher arrestance efficiency is particularly well suited for use in installations with heat recovery systems. The Paint Stop Hydro PSH 75 filter mat is ideally suited for arresting water-based paint.

The special features of PS 50/ PS 100

- Shape-elastic glass-fiber media with a progressive structure are used, i.e. an openly structured upstream side (green) and increasing fiber density towards the downstream side (white).
- Thanks to low compressibility, high shape stability is assured even under pressure, in so that the filter medium's entire volume is utilized for storing the paint mist.

The special features of PSH 75 Paint Stop Hydro

- A shape-elastic high performance glass-fiber medium is used.
- Thanks to its fine, elastic material structure, the surface is prevented from being prematurely clogged.
- Enhanced material rigidity thanks to special finish.
- The paint mist arrestor PSH 75 scores excellently in terms of increased paint storage capacity for hydro-paints, with concomitantly long useful lifetime.

Availability

Paint mist arrestors are available in different rectangular blanks or in all roll lengths of up to 100 m upon request.



Viledon® Paint mist arrestors PS 50 and PS 100



Viledon® Paint mist arrestors PSH 75

TECHNICAL DATA		PS 50	PS 100	PSH 75
Weight per unit area, approx.	g/m ²	220–240	320–350	280–300
Nominal volume flow	m ³ /h·m ²	6,300		
Nominal face velocity	m/s	1.75		
Initial pressure drop	Pa	40	60	50
Arrestance for paint mist	%	90–95	95–98	> 98
Paint storage capacity (at 80 Pa and 0.7 m/s)	g/m ²	3,500–4,700	3,900–5,050	> 4,000
Thermal stability	°C	up to 80		
Moisture-resistance (rel.hum.)	%	up to 100		

Please note

When used for its intended purpose as a paint mist arrestor, the safety regulations for avoiding self-ignition must be complied with. See back side of this data sheet.

The information or figures given are subject to tolerances due to normal production fluctuations. Our explicit written confirmation is required in each case for the correctness of the information. Subject to technical alterations. You will find instructions on how to handle and dispose of loaded filters in our information on product safety and eco-compatibility.

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DO FILTRO “F50 COMPACT POCKET FILTER”

F 50 COMPACT POCKET FILTER



**COST-EFFECTIVE AND ENERGY-EFFICIENT
IN CONTINUOUS OPERATION**

FILTER TYPE	FILTER CLASS TO ISO 16890	FILTER CLASS TO EN 779:2012
F50	ISO ePM10 55%	M5



The application

Compact F50 pocket filters are used for filtering intake, exhaust and recirculating air in air-conditioning systems with stringent requirements for sturdiness and cost-efficiency, such as

- in paint lines
- in industrial processes (chemicals, pharmaceuticals, foods and beverages, optics, electronics, etc.)
- in sophisticated air-conditioning systems (hospitals, laboratories, libraries, museums, airports, etc.)
- in intake air filtration of gas turbines and compressors

The characteristics and benefits

- The filter media featured are **high-performance nonwovens, produced in-house from non-breaking, synthetic-organic fibers**. In order to achieve an optimum of filtering performance and dust holding capacity, the media are progressively structured.

- This ensures superlative durability, high arrestance, low pressure drop, **long useful lifetimes and high cost-efficiency**.
- F50 filters achieve good energy efficiencies, thus **cutting energy costs and downsizing CO₂ emissions**.
- F50 pocket filters are free of glass fibers, non-corroding and **microbiologically inactive**, and meet all the criteria laid down in VDI Guideline 6022 “Hygiene Requirements for HVAC systems and units”.
- The materials (filter media and frame) are self-extinguishing according to DIN 53438 (Fire class F1).
- **Maximized functional dependability** thanks to the leakproof-welded configuration of the filter pockets, foam-sealed into a PUR front frame, with aerodynamically optimized welded-in spacers (long pocket filters only) and

dimensionally stable construction of the filter element as a whole.

- The filters’ consistently high quality is assured by our state-of-the-art ISO 9001-compliant **quality management system** and by type-testing to EN 779.

The special features

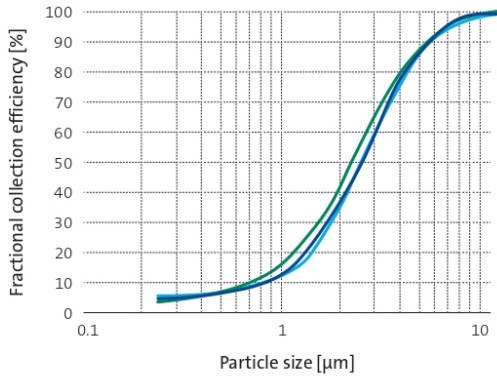
- The F50 filter series provides high clean air quality together with high cost efficiency.
- High functional reliability, even under extremely moist and wet operating conditions.

GEOMETRIES AVAILABLE		F 50 1/1 5L	F 50 1/1 8M	F 50 1/1 5S	F 50 5/6 4L	F 50 1/2 3L	F 50 1/4 4L
Nominal volume flow rate	m ³ /h	4,250	4,250	3,400	3,400	2,500	1,525
Front frame	mm	592×592	592×592	592×592	492×592	289×592	289×289
Overall depth	mm	650	510	330	650	650	650
Number of pockets		5	8	5	4	3	4
Effective filtering area	m ²	4.0	4.7	2.0	3.2	2.4	1.4
Weight, approx.	kg	2.1	2.5	1.6	1.6	1.2	0.7
Thermal stability	°C	70					
Moisture-resistance (rel. hum.)	%	100					
Suitable for standard mounting frame	mm	610×610	610×610	610×610	508×610	305×610	305×305

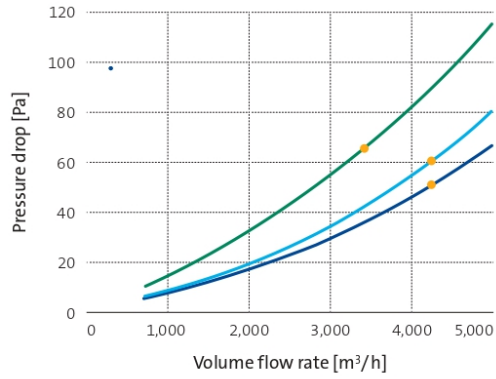
TECHNICAL FILTER TEST DATA TO EN 779 AND ISO 16890

02-CC-058-Maj/2022-EN

Fractional collection efficiency curves



Initial pressure drop curves



— F50 1/1 5L — F50 1/1 8M — F50 1/1 5S ● Nominal volume flow rate

KEY DATA		F50 1/1 5L	F50 1/1 8M	F50 1/1 5S
Nominal volume flow rate ●	m ³ /h	4,250	4,250	3,400
Face velocity	m/s	3.2	3.2	2.7
Initial pressure drop	Pa	50	60	65
Class to ISO 16890		ISO ePM10 55%		
Particulate matter efficiency				
ISO ePM1		7	7	7
ISO ePM2,5	%	15	15	18
ISO ePM10		58	56	59
Cut-off particle size	µm	10		
Filter class to EN 779:2012		M5		
Recom. final pressure drop*	Pa	450		
Bursting strength	Pa	> 3,000		
Dust holding capacity approx. (AC fine / 300 Pa)	g	2,600	3,100	1,000

* For cost-efficiency or system-specific reasons it may be appropriate to change the filters before reaching the final pressure drop stated. It can also be exceeded in certain applications.

The information or figures given are subject to tolerances due to normal production fluctuations. Our explicit written confirmation is required in each case for the correctness of the information. Subject to technical alterations. You will find instructions on how to handle and dispose of loaded filters in our information on product safety and eco-compatibility.

Viledon® is a registered and protected trademark of Carl Freudenberg KG. © Freudenberg Filtration Technologies GmbH & Co. KG

FREUDENBERG FILTRATION TECHNOLOGIES

Contact us

www.freudenberg-filter.com

 **FREUDENBERG**
INNOVATING TOGETHER

ANEXO C: FICHA TÉCNICA FILTRO “EDRIZZI”

EDRIZZI PAINT MIST ARRESTORS



VARIO FINE, MEDIUM AND COARSE TYPES

FILTER TYPE	FRONT DIMENSIONS [mm]	DEPTH [mm]	PAINT STORAGE CAPACITY [kg]	ARRESTANCE FOR PAINT MIST [%]
Vario fine	485×485	495	up to 25	up to 97
Vario fine S	485×485	295	up to 15	up to 97
Vario medium	485×485	495	up to 25	up to 95
Vario medium S	485×485	295	up to 15	up to 95
Vario coarse	485×485	495	up to 25	up to 90
Vario coarse S	485×485	295	up to 15	up to 90



The application

edrizzi® paint mist arrestors allow high-quality dry separation in spray booths. They are perfect as a prefilter in multi-stage filtration systems by Freudenberg Filtration Technologies.

The properties and advantages

- The simple but innovative design of these patented paint mist arrestors provides paint shops with cost-effective, efficient dry separation with a high paint storage capacity.
- The handy boxes are made from fire-retardant corrugated cardboard. This guarantees a safe and stable application.
- The majority of the overspray is collected in the front third of the paint mist arrestor. The guidance systems deep inside ensure optimum arrestance efficiency and are designed not to become saturated too fast.
- edrizzi® paint mist arrestors reduce noise levels in the spraying area by 15 to 20 dB.

- The dried paint can be disposed of cost-effectively.

The special features

There is a suitable edrizzi® paint mist arrestor for every type of paint and application:

- The edrizzi® Vario medium is the solution for the majority of surface materials.
- The edrizzi® Vario fine is used for applications in which the edrizzi® Vario medium reaches its limits in terms of arrestance efficiency. Application examples include high-rotation bells, very finely atomized solvent coatings and nano coatings.
- The edrizzi® Vario coarse is the solution for applications in which paint cakes build up on the inlet side of the edrizzi® medium, preventing attainment of the maximum service life.

Delivery method

edrizzi® paint mist arrestors are delivered unassembled, allowing cost-effective transport and storage.

You can find assembly instructions on our YouTube channel:

www.youtube.com/user/FreudenbergFilter

Note

When using the product for its intended purpose as a paint mist arrestor, it is necessary to comply with the safety regulations for avoiding self-ignition. See reverse side of this data sheet.

The information or figures given are subject to tolerances due to normal production fluctuations. Our explicit written confirmation is required in each case for the correctness of the information. Subject to technical alterations. You will find instructions on how to handle and dispose of loaded filters in our information on product safety and eco-compatibility.

AVAILABLE GEOMETRIES		VARIO FINE	VARIO FINE S	VARIO MEDIUM	VARIO MEDIUM S	VARIO COARSE	VARIO COARSE S
Weight	g	2,200	1,400	1,900	1,100	1,600	800
Nominal air flow	m³/h	750					
Initial pressure drop	Pa	270	240	200	140	110	30
Thermal stability	°C	≤ 80					
Moisture resistance (rel. hum.)	%	up to 70*					

* Loss of stability is likely if these limits are exceeded. In the case of intensive loading with water-based paints and arrestance of overspray with a high moisture content, we recommend edrizzi® HYDRO with a moisture resistance up to 100% relative humidity.