

RELATÓRIO DE PROJETO I 2021/22

LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA 3º ANO 1º SEMESTRE

Sistema de ventilação mecânica de uma escola secundária

Trabalho Realizado por:

Tiago André Silva Gomes, N.º 1180912, 3DG9

Bárbara Casanova Martins Borlido, Nº 1191622, 3DG9

Trabalho Orientado por:

Engenheira Maria Odete Almeida

página propositadamente em branco

Índice

1.	Introdução	8
1.1.	Enquadramento do projeto	8
1.2.	Estrutura do relatório.....	8
2.	Objetivos do Projeto	9
3.	Metodologia de Desenvolvimento da Solução	10
3.1.	Modo de funcionamento	10
3.2.	Importância do sistema de ventilação	11
3.3.	Metodologia de dimensionamento.....	11
4.	Caracterização do local em estudo	12
4.1.	Localização e dados climáticos.....	12
4.2.	Características das divisões em estudo.....	12
5.	Critérios de Dimensionamento e Dimensionamento.....	13
5.1.	Determinação dos caudais de ar mínimos	13
5.2.	Determinação dos diâmetros de conduta.....	14
6.	Seleção de Equipamentos e Materiais	18
6.1.	Seleção dos difusores	18
6.2.	Seleção do recuperador de calor	18
6.3.	Seleção dos acessórios	20
6.3.1	Suporte de condutas	20
6.3.2	Tês	20
6.3.3	Curvas	20
6.3.4	Reduções	20
6.3.5	Sensor de CO ₂	20
6.3.6	Tubos flexíveis	20
7.	Mapa de Quantidades.....	21
8.	Peças desenhadas	24
9.	Referências bibliográfica.....	40
10.	Anexos	41

página propositadamente em branco

Índice de figuras

Figura 1-Planta do piso 1.....	9
Figura 2- Fatores de rugosidade de condutas [5]	16
Figura 3-Difusor escolhido	18
Figura 4- Gráfico de funcionamento do recuperador de calor	19
Figura 5- Recuperador de calor de teto falso.....	19

Índice de tabelas

Tabela 1- Caudal de ar mínimo escolhido	14
Tabela 2-Caudais de ar novo	14
Tabela 3- Diâmetros teóricos de conduta	16
Tabela 4-Diâmetros comerciais.....	17
Tabela 5 – Mapa de quantidades	21
Tabela 6 – Lista de desenhos.....	24

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

Abreviaturas e siglas

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
QAI	Qualidade do ar interior

Símbolos

A	Área [m ²]
Q	Caudal Volúmico [m ³ /h]
L	Comprimento [m]
D	Diâmetro de conduta [m]
CO ₂	Dióxido de carbono
f	Fator de fricção
ε	Fator de rugosidade
ρ	Massa volúmica aparente [kg/m ³]
Re	Número de Reynolds
ΔP	Perda de pressão [Pa]
Δp	Perda de pressão por unidade de comprimento [Pa/m]
V	Velocidade [m/s]
ν	Viscosidade cinemática [m ² /s]
K	Coeficiente de perdas localizadas
g	Força da gravidade

1. Introdução

1.1. Enquadramento do projeto

O presente trabalho foi realizado no âmbito da unidade curricular de Projeto, lecionada no 1º semestre do 3º ano da Licenciatura em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, sob a coordenação da Engenheira Maria Odete Almeida.

1.2. Estrutura do relatório

No primeiro capítulo deste relatório fez-se a introdução ao projeto desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Projeto.

No segundo capítulo são abordados os principais objetivos que se pretendem alcançar com este trabalho e em seguida, no terceiro capítulo, é referida a metodologia de desenvolvimento da solução.

O quarto capítulo apresenta a caracterização do projeto, abordando temas como a localização do mesmo, dados climáticos e características dos espaços a desenvolver.

O quinto capítulo abrange os critérios usados para o dimensionamento do sistema de ventilação, assim como o próprio dimensionamento.

No sexto capítulo faz-se um aglomerado acerca da seleção dos equipamentos e materiais escolhidos para o projeto em questão e segue-se o penúltimo capítulo com o mapa de quantidades.

O último capítulo contém os desenhos e esquemas da instalação.

As referências bibliográficas estão organizadas segundo o estilo da IEEE e ordenadas alfabeticamente.

A realização das tarefas que permitiram a concretização deste trabalho foi feita de acordo com o cronograma incluído no anexo A.

Por motivos de sustentabilidade, o relatório foi preparado para impressão frente e verso e a cor só foi usada quando indispensável. Nos desenhos foram evitados formatos superiores ao A3.

2. Objetivos do Projeto

Os principais objetivos do trabalho consistem em dimensionar uma rede de ventilação de ar para quatro salas de aula no segundo piso de uma escola secundária, cumprindo todas as normas impostas pela Portaria 138-I/2021 de 1 de julho [1], para garantir uma boa QAI e conforto nas salas.

Para tal, foi fornecida a figura 1 com a planta do piso 1, onde se assinalaram a vermelho as salas em estudo e os dados sobre as dimensões e ocupação dos espaços de modo a se poder dimensionar a rede.

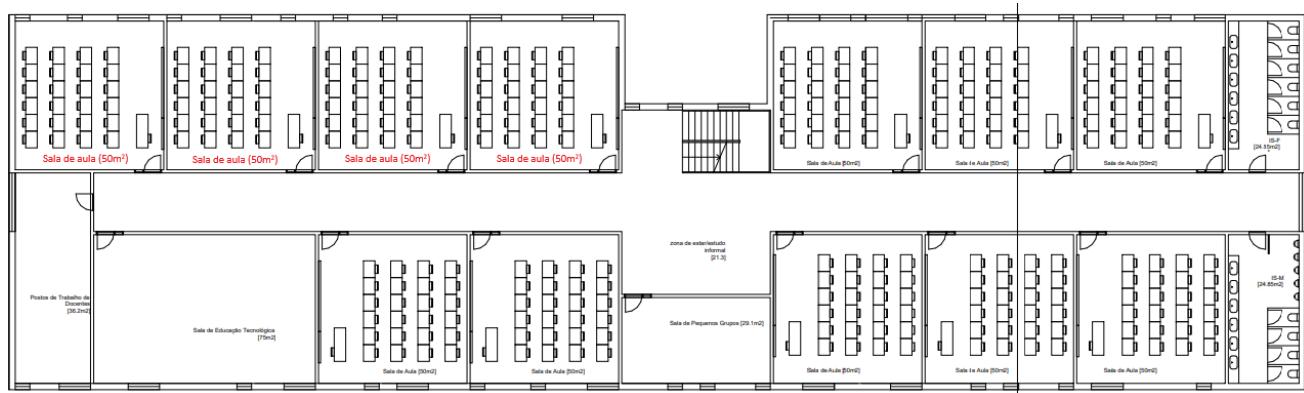


Figura 1-Planta do piso 1

Para além da figura foram também fornecidos vários manuais e guias sobre sistemas de ventilação.

3. Metodologia de Desenvolvimento da Solução

Neste projeto dimensionou-se uma rede de ventilação, cuja função é renovar o ar de dentro de edifícios de modo a garantir uma adequada QAI e temperatura interior. Esta renovação do ar serve para assegurar o conforto dos habitantes desse espaço, impedindo de igual modo a criação de problemas de saúde nos mesmos.

Para dar início à concretização deste projeto, começou-se a fazer o levantamento arquitetónico do mesmo, através das plantas fornecidas pela docente da cadeira, utilizando o software REVIT. Dada por terminada esta etapa, começou-se o desenvolvimento dos cálculos para os caudais de ar mínimos e respetivos diâmetros de condutas, tendo em consideração a Portaria 138-I/2021 de 1 de julho [1]. Posteriormente, escolheu-se os difusores e definiu-se o dimensionamento do sistema de ventilação. De seguida, através do cálculo das perdas selecionou-se um recuperador de calor capaz de garantir as condições do projeto.

Para terminar e mais uma vez utilizando o software REVIT, projetou-se este sistema de ventilação com todas as características pretendidas e os seus acessórios.

3.1. Modo de funcionamento

A renovação do ar interior pode ser feita por três métodos: ventilação mecânica, ventilação natural e híbrida.

Um sistema de ventilação mecânico utiliza um sistema de condutas ligadas a difusores e/ou grelhas para introduzir ar novo do exterior para o espaço interior e outro sistema de condutas ligadas a grelhas e/ou bocas de extração para remover o ar poluído do interior. Neste caso o ar novo do exterior deve ser aquecido ou arrefecido de modo a promover conforto no espaço interior. Para movimentar o ar nas condutas deve ser instalado um ventilador que permite dar energia suficiente ao ar para que este viaje ao longo da conduta.

A ventilação natural depende das condições climáticas da zona e pode ocorrer devido a correntes de ar ou diferenças de temperaturas. No caso de ventilação natural, devido a correntes de ar, o vento provoca uma pressão positiva no lado exposto ao vento e uma pressão negativa no lado protegido pelo vento, o que leva a uma corrente de ar no interior do edifício. A ventilação natural por diferenças de temperatura ocorre quando a temperatura interior é superior á temperatura exterior, isto faz com que o ar quente interior saia do edifício por aberturas pelo teto criando uma pressão negativa no edifício e que ira permitir que o ar novo entre por grelhas ou outras aberturas [2].

A ventilação híbrida utiliza ambas, a ventilação mecânica e natural, podendo existir em dois casos: extração mecânica e admissão de ar novo natural ou extração natural e admissão de ar

novo mecânica. Em ambos a ventilação mecânica provoca uma diferença de pressão relativa ao exterior. No caso de a extração ser mecânica, o edifício irá ter uma pressão negativa que causa a entrada do ar do exterior e quando a admissão de ar novo é mecânica o edifício irá ter uma pressão positiva que faz com que o ar poluído interior escape para o exterior.

3.2. Importância do sistema de ventilação

Como referido no início deste capítulo, um sistema de ventilação existe para garantir uma boa QAI e temperatura interior, de modo a promover o conforto no interior do edifício.

A QAI depende de vários fatores tais como partículas em suspensão, humidade, temperatura, bactérias, gases presentes no ar como monóxido de carbono e dióxido de carbono, entre outros fatores.

A existência destes fatores leva a uma má QAI que pode causar pequenos problemas de saúde como irritação dos olhos e garganta, dores de cabeça e fadiga, e a longo prazo poderá causar problemas mais graves como infecções, gripes e constipações e até envenenamento por monóxido de carbono, que pode ser fatal caso não seja notado rapidamente.

3.3. Metodologia de dimensionamento

Para dimensionar um sistema de ventilação existem 3 métodos, o método da redução de velocidade, o método da recuperação estática e o método da perda de carga constante.

O método da redução de velocidade é um método pouco preciso, logo deve apenas ser utilizado para condutas de pequena dimensão ou para se obter uma ideia geral das dimensões do projeto.

O método da recuperação estática consiste em dimensionar uma parte da conduta de modo a compensar a perda de carga da parte seguinte, é um método que permite alta precisão, pois torna as perdas de carga praticamente desprezáveis nas partes consequentes da conduta.

O método final é o método da perda de carga constante, que é o método recomendado para a realização deste projeto. Este método consiste em aplicar uma perda constante de carga em cada parte da nossa conduta, dependente do caudal existente nessa parte, através dessa perda de carga é então possível calcular os diâmetros de conduta para cada caudal de ar existente no nosso sistema de ventilação.

4. Caracterização do local em estudo

4.1. Localização e dados climáticos

O projeto realizado incidiu na criação de um sistema de ventilação mecânica e híbrida de uma escola secundária. A escola está localizada em Portugal, sul da Europa, pressupondo assim um clima temperado com invernos suaves, de acordo com o IPMA [3].

Dentro de Portugal Continental pode-se ainda dividir em duas regiões. A região norte com um clima temperado, inverno chuvoso e verão seco e pouco quente, e região sul de igual modo com clima temperado, inverno chuvoso, mas verão seco e quente.

Tendo em consideração que o edifício em causa se localiza em Coimbra, ficando assim na região norte do país, segundo o IPMA [3], as características deste mesmo clima promovem uma temperatura média que ronda os 15°.

A escola como um espaço de estudo, que deve promover a concentração bem-estar aos seus ocupantes, deve ter em atenção estas mesmas características.

4.2. Características das divisões em estudo

As divisões em estudo para este projeto são quatro salas de aulas seguidas, localizadas no primeiro piso, na direção noroeste, tal como apresentado na figura 1.

As salas tendo em conta a planta fornecida, têm uma boa exposição solar, uma ocupação para 25 pessoas e uma área de 50 m². De forma a concretizar a sua funcionalidade da melhor forma, estas salas de aulas devem promover a concentração e bem-estar garantidas pela QAI, evitando assim os problemas referidos no terceiro capítulo.

5. Critérios de Dimensionamento e Dimensionamento

5.1. Determinação dos caudais de ar mínimos

A determinação do caudal de ar mínimo segui as seguintes etapas. Primeiramente recorreu-se à Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho [1] para conhecer a legislação em vigor para a determinação de caudais de ar mínimos.

Seguidamente, tendo conhecimento dos vários critérios de seleção para caudais de ar mínimos, recorreu-se ao uso da ferramenta Excel fornecida pelo LNEC [4], que serve para comparar estes critérios tendo em conta as especificações do edifício em causa.

Para preencher essa tabela fornecida, que segue em anexo, teve-se em consideração uma área de 50 m², um pé direito de 3,3 m de altura e uma ocupação de 25 pessoas. Tendo em conta o facto de o edifício ser uma escola secundária, utilizou-se uma faixa etária que vai até aos 18 anos e adultos com o tipo de atividade sedentária. Quando ao limiar de proteção CO₂ considerou-se 2250 mg/m³, seguindo um perfil de ocupação apresentado em anexo B e considerando uma carga de poluente do edifício com predominância (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente, uma vez que as salas de aulas em causa recorrem apenas ao uso de material de escritório, tal como cadeiras, mesas e quadro.

Conclui-se a tabela, que pode ser consultada no anexo C, optando pelo método de insuflação pelo teto de ar quente, pelo menos a 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto (ventilação mecânica e híbrida), tirando partido da existência de um teto falso que facilitaria assim a instalação e posteriormente a manutenção, mantendo uma boa QAI.

Depois de preenchida a tabela e tendo-se analisado os valores dos critérios de seleção, optou-se pelo método com maior caudal, sendo este o método prescritivo que considera um caudal de ar mínimo em cada uma das salas de 750 m³/h (15 renovações hora), um total de 3000 m³/h, tal como resume a tabela 1. Estes valores comparativos podem ser verificados no anexo D.

Tabela 1- Caudal de ar mínimo escolhido

Espaços	Caudal de ar mínimo pelo método prescritivo
Sala de Aula 1	750 m ³ /h
Sala de Aula 2	750 m ³ /h
Sala de Aula 3	750 m ³ /h
Sala de Aula 4	750 m ³ /h

5.2. Determinação dos diâmetros de conduta

Com os caudais de cada sala calculados e com o conhecimento que se obteve, optou-se por colocar 2 difusores em cada sala, cada um com metade do caudal necessário para a sala, podendo assim criar a tabela 2 com todos os diferentes caudais existentes no sistema de ventilação.

Tabela 2-Caudais de ar novo

Q (m ³ /h)	3000	2625	2250	1875	1500	1125	750	375
-----------------------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

A determinação dos diâmetros de conduta é feita utilizando o método da perda de carga, como indicado no capítulo 3, utilizando a equação 1 fornecida pela ASHRAE [5].

$$\Delta P = \frac{f * L}{D} * \frac{\rho * V^2}{2} \quad (\text{Equação 1})$$

No caso em questão não se utiliza a perda de carga total, mas sim a perda de carga por comprimento de conduta, logo obteve-se:

$$\Delta P = \Delta p * L \quad (\text{Equação 2})$$

Sabe-se também que para condutas circulares utilizam-se as equações 4 e 5:

$$Q = V * A \quad (\text{Equação 3})$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (\text{Equação 4})$$

Subsistindo a equação 1 com as equações 2, 3 e 4 obteve-se a equação final para o cálculo do diâmetro de conduta

$$\Delta p = \frac{f}{D_h} * \frac{\rho * \left(\frac{4 * Q}{\pi * D^2} \right)^2}{2} \quad (\text{Equação 5})$$

Com a equação determinada e utilizando uma massa volúmica de ar de 1,2041 kg/m³ pode-se calcular o diâmetro de conduta, para isso assume-se um coeficiente de fricção inicial de 0,02 e para determinar a perda de carga por comprimento de conduta recorre-se ao anexo P da ASHRAE [5], entrando com o maior caudal e intercetando com uma velocidade de ar de 5 m/s pode-se determinar a perda de carga por metro que iremos utilizar para calcular os nossos diâmetros, e obtivemos um $\Delta p=0,6$ Pa/m .

Assume-se um coeficiente de fricção inicial de 0,02, que pode não ser o existente na conduta. Para isso utiliza-se a equação 6 de Colebrook, também disponível no manual da ASHRAE [5] e a equação 7 de Reynolds.

Com todos os valores da perda de pressão consegue-se então calcular o diâmetro de conduta, no entanto terá de se iterar esse valor pois assume-se um coeficiente de fricção inicial de 0,02 que pode não ser o existente na conduta. Para isso utiliza-se a equação 6 de Colebrook, também disponível no manual da ASHRAE [5] e a equação 7 de Reynolds.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 * D} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (\text{Equação 6})$$

$$Re = \frac{D * V}{\nu} \quad (\text{Equação 7})$$

Para este caso onde tem-se ar a uma temperatura média de 20ºC a viscosidade cinemática será $15,06 * 10^{-6}$ m²/s e o fator de rugosidade assume-se um valor médio na figura 2 de 0,09 mm.

Duct Material	Roughness Category	Absolute Roughness ϵ , ft
Uncoated carbon steel, clean (Moody 1944) (0.05 mm)	Smooth	0.03
PVC plastic pipe (Swim 1982) (0.01 to 0.05 mm)		
Aluminum (Hutchinson 1953) 0.04 to 0.06 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 200 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.05 to 0.10 mm)	Medium-smooth	0.09
Galvanized steel, continuously rolled, spiral seams, 3000 mm joints (Jones 1979) (0.06 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, spiral seam with 1, 2, and 3 ribs, 3600 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.09 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 760 mm joints (Wright 1945) (0.15 mm)	Average	0.15
Galvanized steel, spiral, corrugated, 3600 mm joints (Kulkarni et al. 2009) (0.74 mm)	Medium-rough	0.9
Fibrous glass duct, rigid		
Fibrous glass duct liner, air side with facing material (Swim 1978) (1.5 mm)		
Flexible duct, fabric and wire, fully extended		
Fibrous glass duct liner, air side spray coated (Swim 1978) (4.6 mm)	Rough	3.0
Flexible duct, metallic (1.2 to 2.1 mm when fully extended)		
Concrete (Moody 1944) (1.3 to 3.0 mm)		

Figura 2- Fatores de rugosidade de condutas [5]

Com os valores de rugosidade e viscosidade cinemática calculados, pode-se utilizar o diâmetro de conduta calculado anteriormente para obter um novo coeficiente de fricção. Com o novo coeficiente de fricção irá calcular-se um novo diâmetro de conduta. Este processo repetirá-se até os valores de diâmetros de conduta darem iguais na casa das milésimas. Com estes cálculos feitos para todos os caudais de condutas obtemos os resultados tabelados na tabela 4, o cálculo destes resultados segue em anexo E.

Tabela 3- Diâmetros teóricos de conduta

Q (m^3/s)	D (mm)
3000	458
2625	435
2250	410
1875	382
1500	351
1125	314
750	269
375	206

Com os diâmetros teóricos de conduta calculados pode-se selecionar condutas com diâmetros comerciais através de catálogos de empresas, no entanto como apenas existem 400 mm de teto falso todas as condutas com diâmetros superiores ou próximos de 400 mm serão substituídas por condutas retangulares de dimensões equivalentes, com a exceção da conduta de maior diâmetro devido a ser possível utilizar medidas maiores nos corredores e subidas á cobertura. Utilizando os catálogos da sandometal sobre condutas circulares e para condutas retangulares, localizado em Anexo I obtém-se os valores da tabela 5.

Tabela 4-Diâmetros comerciais

$D_{Teórico}$ (mm)	ϕ 458	ϕ 435	ϕ 410	ϕ 382	ϕ 351	ϕ 314	ϕ 269	ϕ 206
Dimensões _{comerciais} (mm)	1000x300 ou ϕ 450	800x300	700x300	500x300	ϕ 355	ϕ 315	ϕ 280	ϕ 200

6. Seleção de Equipamentos e Materiais

6.1. Seleção dos difusores

Para selecionar os difusores ideais para o projeto, utilizou-se o manual de distribuição de ar da TROX [6]. Para cada uma das salas são necessárias 15 renovações por hora, tal como referido anteriormente, neste projeto optou-se por utilizar um sistema com um caudal variável de modo que o sistema de ventilação seja mais eficaz a longo prazo. Sob essas condições deve-se optar por um difusor rotacional ou linear e neste caso específico escolheu-se um rotacional.

Para determinar as características desse difusor, utilizou-se o programa *easy product finder* da TROX. Como é necessário 750 m³/h por sala, tal como referimos no capítulo anterior, cada sala irá ter 2 difusores. Perante estas condições, escolheu-se o difusor VDW-Q-Z-H-M-L/600x24, figura 3, com as especificações de instalação que pode ser consultado em anexo E, para todas as salas, de modo a satisfazer os requisitos necessários de velocidade e de ruido, seguindo o manual da TROX, em anexo F, que são respetivamente, uma velocidade entre 0,05 m/s e 0,2 m/s e um ruido inferior a 40 dB

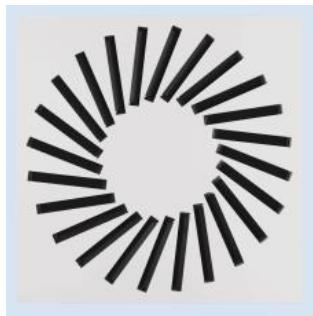


Figura 3-Difusor escolhido

6.2. Seleção do recuperador de calor

No processo de seleção do recuperador de calor teve-se em consideração a escolha de um equipamento que no catálogo da Sistemair existisse em formato compatível ao REVIT. Depois de uma pré-seleção, escolheu-se aquele que consegue garantir o caudal total de ar novo mínimo necessário.

Para verificar que a escolha é a correta e que o ventilador consegue assegurar o caudal necessário, tendo em conta as perdas do sistema, recorreu-se ao uso da equação da perda de carga localizada, equação 9.

$$C = \frac{\Delta p}{\rho * \frac{V^2}{2}} \quad (\text{Equação 8})$$

A perda de carga total resulta então da soma da perda de carga por linha, determinada utilizando o $\Delta p=0,6$ Pa/m, calculado no capítulo 5, e das perdas localizadas que resultam então da própria soma das perdas localizadas de válvulas, redução de diâmetros, Tês e curvas.

Para conhecer então o valor de C, coeficiente de perdas localizadas, recorreu-se mais uma vez às tabelas da ASHRAE [5], onde se teve em consideração os Tês, as curvas e as reduções de diâmetro, tanto de conduta circular para circular, como retangular para retangular e como circular para retangular. Todas estas tabelas da ASHRAE [5] utilizadas podem ser consultadas no anexo G. No anexo H estão descritos os cálculos, que dão um total de perdas que ronda 31,87 Pa.

No recuperador de calor selecionado, na ficha técnica do equipamento, através do gráfico da figura 4, observou-se que para aquela quantidade de perdas o recuperador consegue ser rentável.

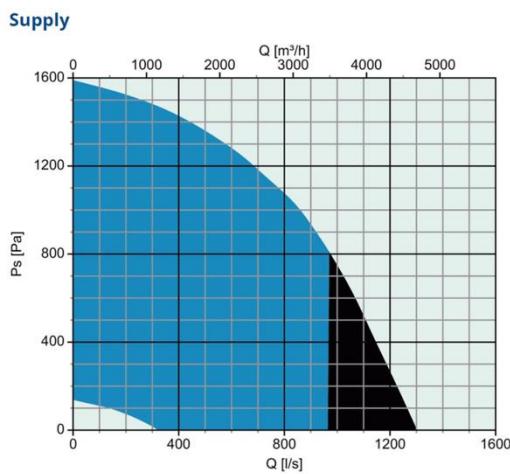


Figura 4- Gráfico de funcionamento do recuperador de calor

O equipamento selecionado foi então um recuperador de calor de teto falso, como exemplifica a figura 5, que devido às suas dimensões promoveu alterações no projeto. O recuperador será localizado no corredor para facilitar a manutenção e assim apenas nesta divisão o teto falso terá de ser maior.



Figura 5- Recuperador de calor de teto falso

6.3. Seleção dos acessórios

6.3.1 Suporte de condutas

Para montar o sistema de ventilação é necessário colocar suportes de modo a suportar o peso das condutas. Para as condutas retangulares optamos pelos suspensor de condutas com fixação direta da Sandometal localizados em anexo J e para as condutas circulares optamos pelos suportes UVHGM também da Sandometal, localizados em anexo K. Estes suportes têm de ser colocados a uma distância recomendada de 2m um do outro.

6.3.2 Tês

Para divergir o ar dentro das condutas é necessário utilizarmos tês e optou-se por utilizar tês da Sandometal para os vários diâmetros de condutas circulares e retangulares do sistema, os catálogos utilizados seguem em anexo L.

6.3.3 Curvas

Para mudar de direção utilizou-se curvas de 90º para condutas retangulares e circulares da Sandometal disponíveis em anexo M.

6.3.4 Reduções

Como as condutas do sistema possuem diferentes dimensões são necessárias reduções de modo a permitir a transição entre as diferentes condutas. Para estas reduções utilizou-se mais uma vez o catálogo da Sandometal dedicado às reduções de condutas circulares e retangulares disponível em anexo N.

6.3.5 Sensor de CO₂

Como referido anteriormente o sistema de ventilação utiliza um caudal variável, logo é necessário um sensor de CO₂ que permite a regulação do caudal proveniente do recuperador de calor. Optou-se por utilizar um sensor de CO₂ da mesma marca do recuperador de calor, ou seja, da Systemair.

6.3.6 Tubos flexíveis

Para fazer a ligação das condutas aos difusores utilizam-se tubos flexíveis, para este projeto utilizou-se o catálogo de tubos flexíveis da Plastubo, localizado em anexo O

7. Mapa de Quantidades

Na tabela seguinte estão representados todos os componentes necessários para a montagem do sistema de ventilação.

Tabela 5 – Mapa de quantidades

Componente	Marca	Modelo/Medidas/Material	Qt.	Un.
Conduta	Sandometal	1000x300x1250 aço galvanizado	15	mm
Conduta	Sandometal	800x300x1250 aço galvanizado	1	mm
Conduta	Sandometal	700x300x1250 aço galvanizado	9	mm
Conduta	Sandometal	500x300x1250 aço galvanizado	6	mm
Conduta	Sandometal	φ450x1250 aço galvanizado DX51D	20	mm
Conduta	Sandometal	φ355x1250 aço galvanizado DX51D	5	mm
Conduta	Sandometal	φ315x1250 aço galvanizado DX51D	7	mm
Conduta	Sandometal	φ280x1250 aço galvanizado DX51D	6	mm
Conduta	Sandometal	φ200x1250 aço galvanizado DX51D	3	mm
Curva com raio	Sandometal	1000x300 aço galvanizado	2	mm
Curva com raio	Sandometal	800x300 aço galvanizado	1	mm
Curva com raio	Sandometal	BFL φ450 90º aço galvanizado DX51D	12	mm
Curva com raio	Sandometal	BFL φ200 90º aço galvanizado DX51D	3	mm
Tê	Sandometal	1000x300 1000x300 700x300 aço galvanizado	2	mm
Tê	Sandometal	1000x300 1000x300 200x300 aço galvanizado	2	mm
Tê	Sandometal	800x300 800x300 200x300 aço galvanizado	1	mm
Tê	Sandometal	700x300 700x300 200x300 aço galvanizado	2	mm
Tê	Sandometal	500x300 500x300 200x300 aço galvanizado	2	mm
Tê	Sandometal	TSL φ355 φ355 φ200 aço galvanizado DX51D	2	mm
Tê	Sandometal	TSL φ315 φ315 φ200 aço galvanizado DX51D	2	mm
Tê	Sandometal	TSL φ280 φ280 φ200 aço galvanizado DX51D	3	mm
Redução	Sandometal	1000x300 600x300 aço galvanizado	2	mm
Redução	Sandometal	1000x300 800x300 aço galvanizado	1	mm
Redução	Sandometal	1000x300 φ280 aço galvanizado	1	mm
Redução	Sandometal	800x300 700x300 aço galvanizado	1	mm

Redução	Sandometal	700x300 500x300 aço galvanizado	2	mm
Redução	Sandometal	500x300 φ355 aço galvanizado	2	mm
Redução	Sandometal	RCLL φ355 φ315 aço galvanizado DX51D	2	mm
Redução	Sandometal	RCLL φ315 φ280 aço galvanizado DX51D	2	mm
Redução	Sandometal	RCLL φ280 φ200 aço galvanizado DX51D	3	mm
Suporte	Sandometal	817a Aço galvanizado	22	---
Suporte	Sandometal	UBHGM φ450 aço galvanizado DX51D	6	mm
Suporte	Sandometal	UBHGM φ355 aço galvanizado DX51D	2	mm
Suporte	Sandometal	UBHGM φ315 aço galvanizado DX51D	4	mm
Suporte	Sandometal	UBHGM φ280 aço galvanizado DX51D	2	mm
Suporte	Sandometal	UBHGM φ200 aço galvanizado DX51D	3	mm
Tubo Flexível	Plastubo	304 φ200 aço inox	16	mm
Difusor	Trox	VDW-Q-Z-H-M-L 600x24	8	mm
Extrator	Trox	VDW-Q-Z-H-M-L 600x24	8	mm
Recuperador de calor	Systemair	FC06-R-CAV	1	---
Sensor de CO ₂	Systemair	14906	4	---

página propositadamente em branco

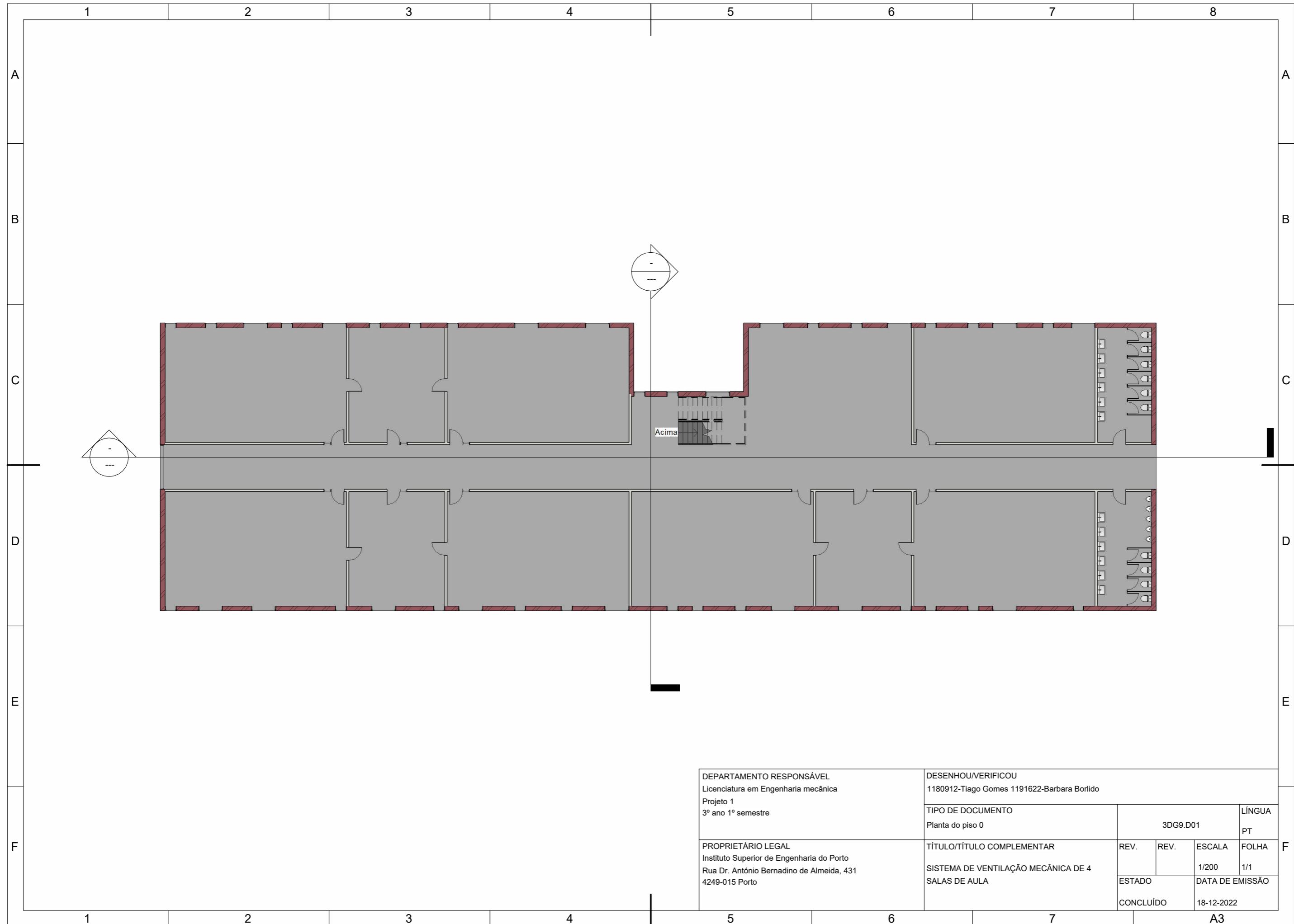
8. Peças desenhadas

Na tabela 6 listam-se as peças desenhadas que integram este projeto.

Com os desenhos isométricos de conjunto é mostrado todo o sistema de ventilação.

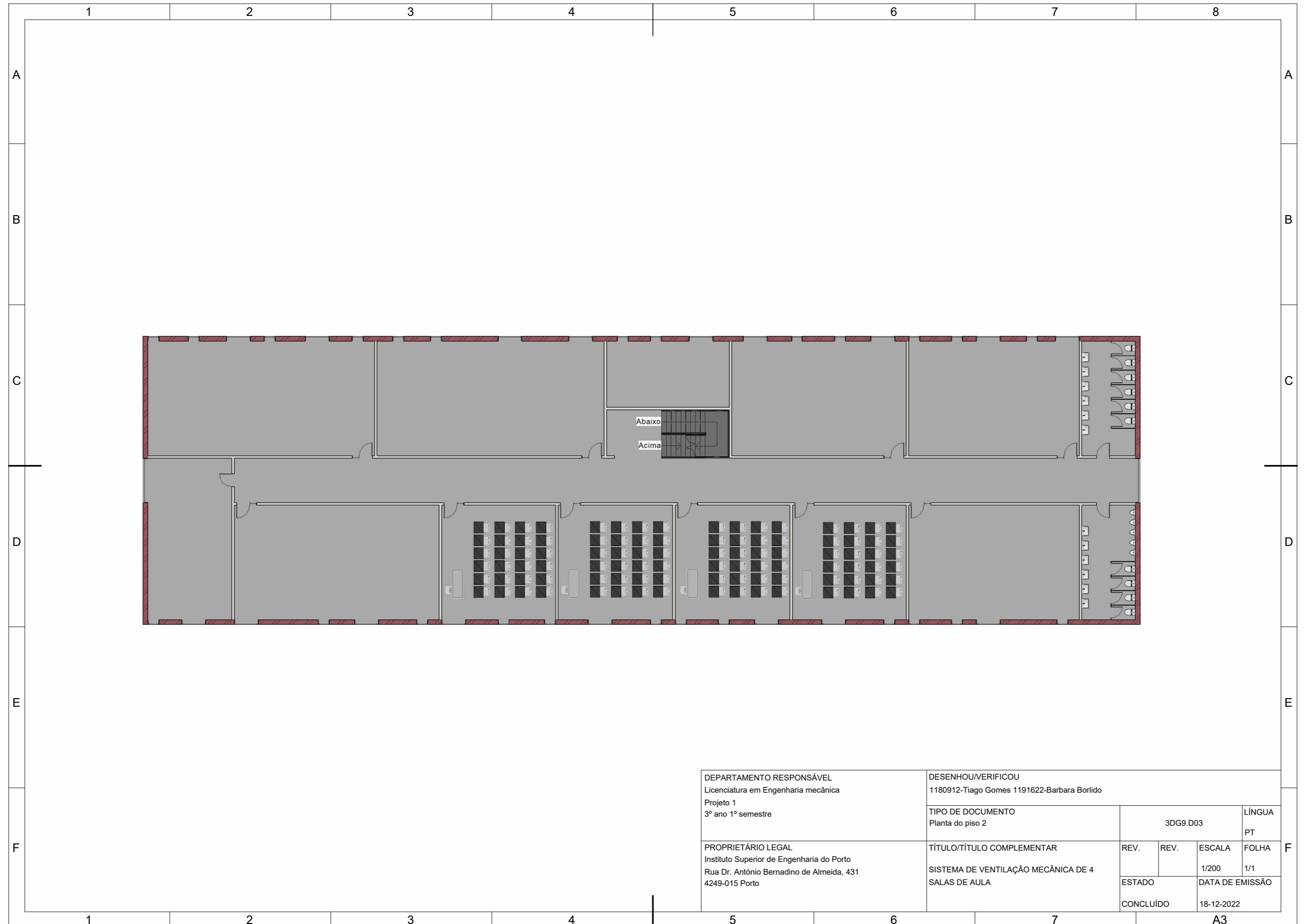
Tabela 6 – Lista de desenhos

N.º	TÍTULO	TIPO
3DG9.D01	Planta do piso 0	Desenho isométrico
3DG9.D02	Planta do piso 1	Desenho isométrico
3DG9.D03	Planta do piso 2	Desenho isométrico
3DG9.D04	Planta da cobertura	Desenho isométrico
3DG9.D05	Alçado Este	Desenho isométrico
3DG9.D06	Alçado Norte	Desenho isométrico
3DG9.D07	Alçado Oeste	Desenho isométrico
3DG9.D08	Alçado Sul	Desenho isométrico
3DG9.D09	Corte 1	Desenho isométrico
3DG9.D10	Corte 2	Desenho isométrico
3DG9.DI01	Planta do piso 1	Desenho isométrico de conjunto
3DG9.DI02	Corte 1	Desenho isométrico de conjunto
3DG9.DI03	Desenho de conjunto da cobertura	Desenho isométrico de conjunto
3DG9.DI04	Desenho de conjunto vista leste	Desenho isométrico de conjunto
3DG9.DI05	Vista 3D	Desenho isométrico de conjunto



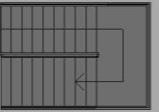
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A									A
B									B
C									C
D									D
E									E
F									F
	1	2	3	4	5	6	7		A3

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL Licenciatura em Engenharia mecânica Projeto 1 3º ano 1º semestre	DESENHOU/VERIFICOU 1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido
TIPO DE DOCUMENTO Planta do piso 1	3DG9.D02
LÍNGUA PT	
PROPRIETÁRIO LEGAL Instituto Superior de Engenharia do Porto Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431 4249-015 Porto	TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA
REV.	REV.
ESCALA 1/200	FOLHA 1/1
ESTADO	DATA DE EMISSÃO 18-12-2022
CONCLUÍDO	

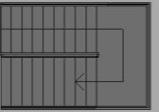


1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F
1	2	3	4	5	6	7	A3

Abaixo



Abaixo



PROPRIETÁRIO LEGAL
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431
4249-015 Porto

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA

TIPO DE DOCUMENTO
Planta da cobertura

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

ESTADO
CONCLUÍDO

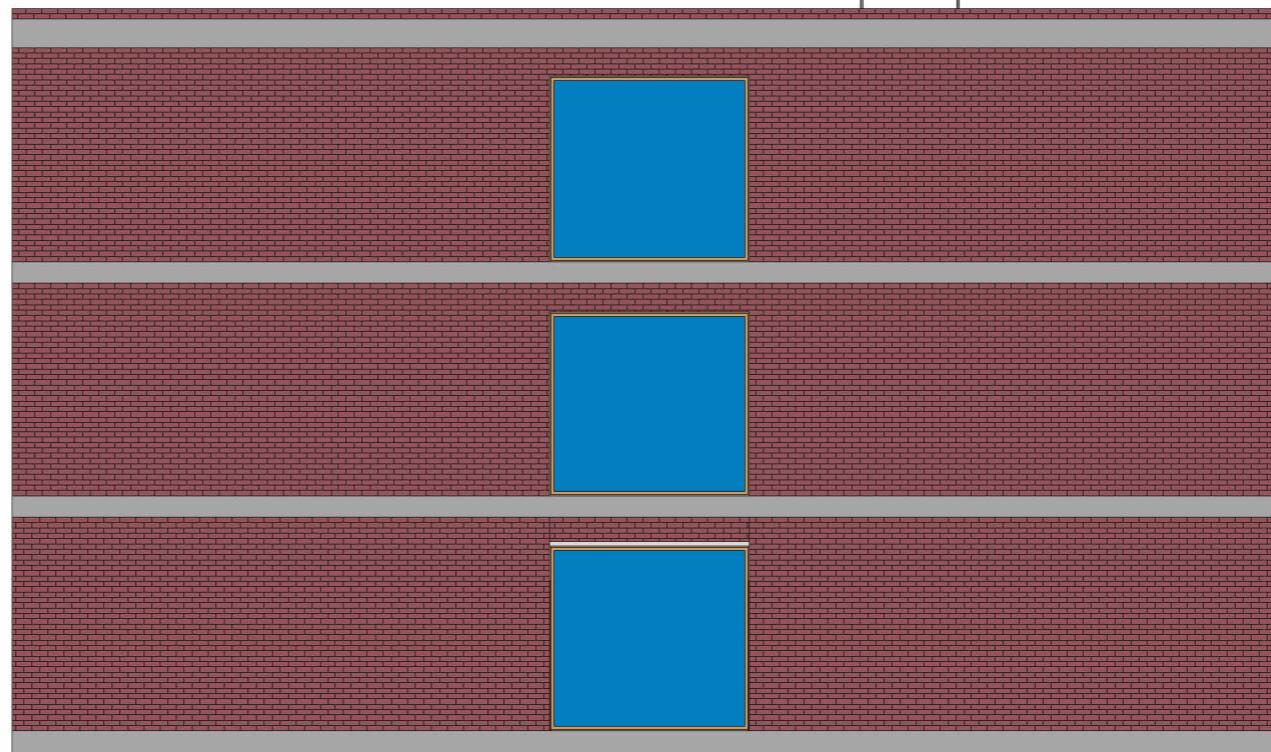
REV. REV. ESCALA FOLHA

3DG9.D04

LÍNGUA PT

DATA DE EMISSÃO
18-12-2022

	1	2	3	4	5	6	7	8	
A									A
B									B
C									C
D									D
E									E
F									F
	1	2	3	4	5	6	7		A3



DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

TIPO DE DOCUMENTO
Alçado Este

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
PROPRIETÁRIO LEGAL
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431
4249-015 Porto

SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA

ESTADO CONCLUÍDO

LÍNGUA PT

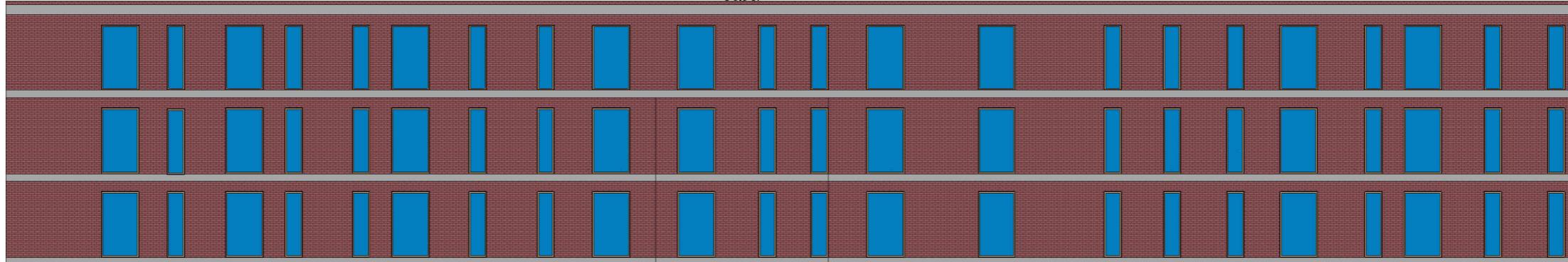
REV. 1/100 FOLHA 1/1

REV. ESTADO DATA DE EMISSÃO

ESCALA 1/100 FOLHA 1/1

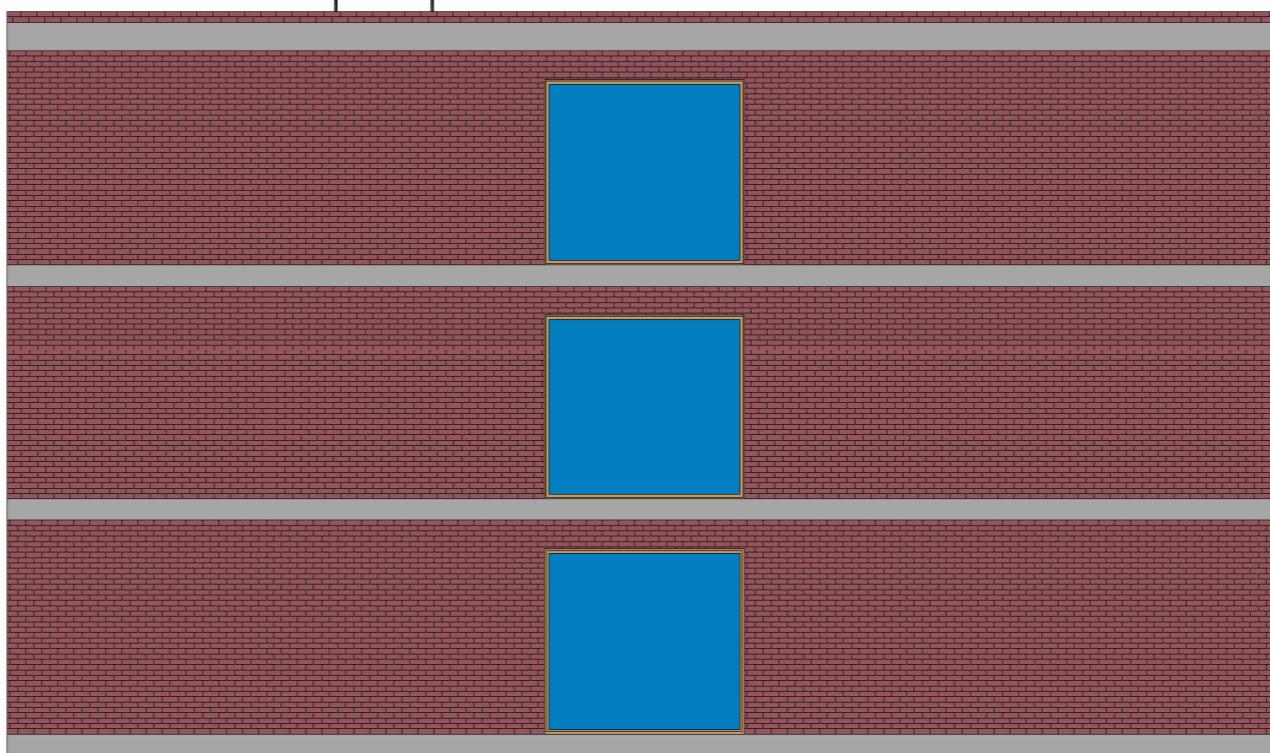
CONCLUÍDO 18-12-2022

	1	2	3	4	5	6	7	8	
A									A
B									B
C									C
D									D
E									E
F									F
1	2	3	4	5	6	7	8	A3	



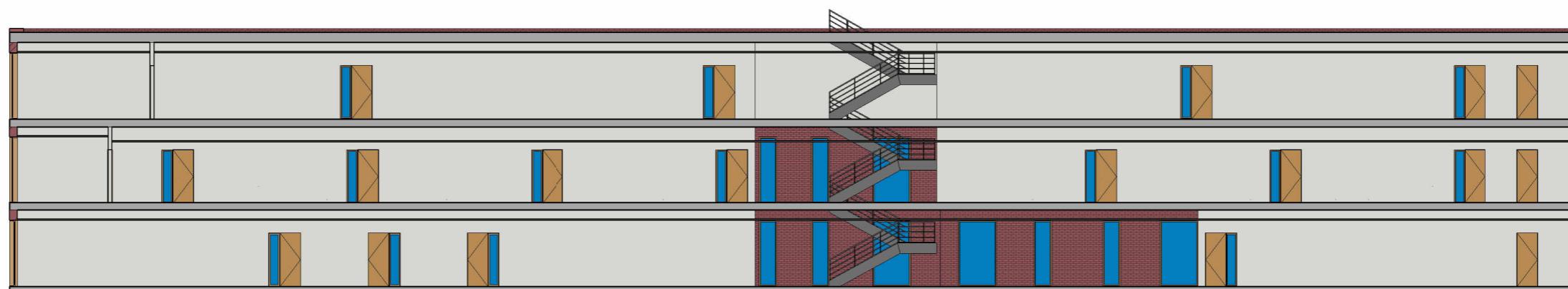
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL Licenciatura em Engenharia mecânica Projeto 1 3º ano 1º semestre	DESENHOU/VERIFICOU 1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido			
PROPRIETÁRIO LEGAL Instituto Superior de Engenharia do Porto Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431 4249-015 Porto	TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA	REV.	REV.	ESCALA 1/200 1/1
		ESTADO		DATA DE EMISSÃO 18-12-2022

	1	2	3	4	5	6	7	8	
A									A
B									B
C									C
D									D
E									E
F									F
	1	2	3	4	5	6	7		A3



The drawing shows a vertical cross-section of a building. It consists of three main levels labeled C, D, and E from top to bottom. Each level has a thick red brick wall on both sides. In the center of each level is a blue rectangle, which appears to be a cutout or a different material. There are also thin grey horizontal lines within the levels.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								A
B								B
C								C
D								D
E								E
F								F
1	2	3	4	5	6	7		A3



DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

TIPO DE DOCUMENTO
Corte 1

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
PROPRIETÁRIO LEGAL
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431
4249-015 Porto

LÍNGUA
PT

ESTADO
CONCLUÍDO

FOLHA
1/200
1/1

DATA DE EMISSÃO
18-12-2022

1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F
1	2	3	4	5	6	7	A3

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

TIPO DE DOCUMENTO
Corte 2

LÍNGUA
PT

PROPRIETÁRIO LEGAL
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431
4249-015 Porto

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA

ESTADO
CONCLUÍDO

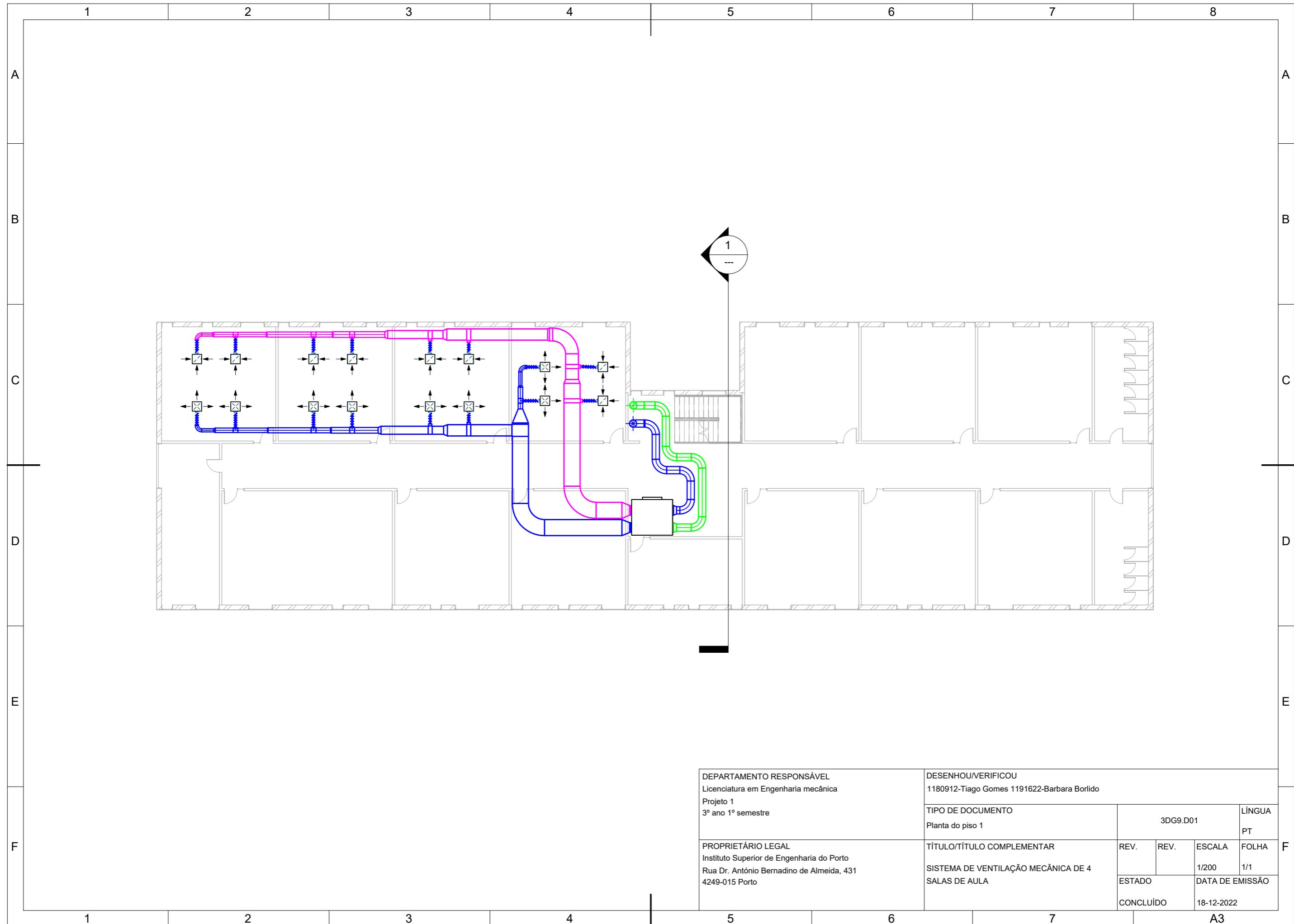
REV.
1/100

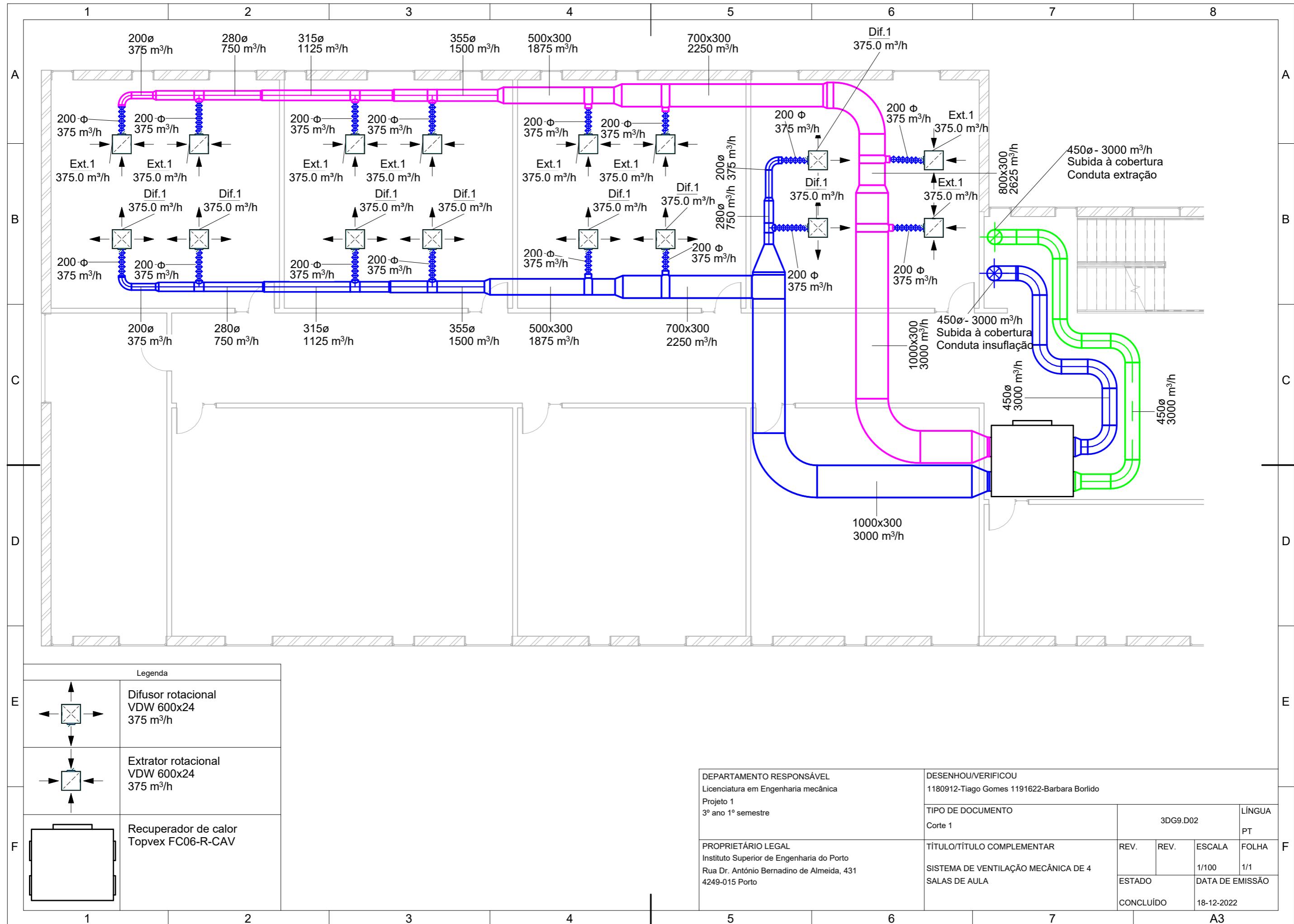
REVISÃO
1/1

ESCALA
1/1

FOLHA
1/1

DATA DE EMISSÃO
18-12-2022





1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F
1	2	3	4	5	6	7	A3

450ø
3000 m³/h
Exaustão de ar

450ø
3000 m³/h
Admissão de ar novo

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL Licenciatura em Engenharia mecânica Projeto 1 3º ano 1º semestre	DESENHOU/VERIFICOU 1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido			
TIPO DE DOCUMENTO Desenho de conjunto da cobertura	3DG9.D03		LÍNGUA PT	
PROPRIETÁRIO LEGAL Instituto Superior de Engenharia do Porto Rua Dr. António Bernadino de Almeida, 431 4249-015 Porto	TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA	REV. ESTADO	REV. CONCLUÍDO	ESCALA 1/200
				FOLHA 1/1
				DATA DE EMISSÃO 18-12-2022

1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F
1	2	3	4	5	6	7	8

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

PROPRIETÁRIO LEGAL
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431
4249-015 Porto

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

TIPO DE DOCUMENTO
Desenho de conjunto vista leste

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA

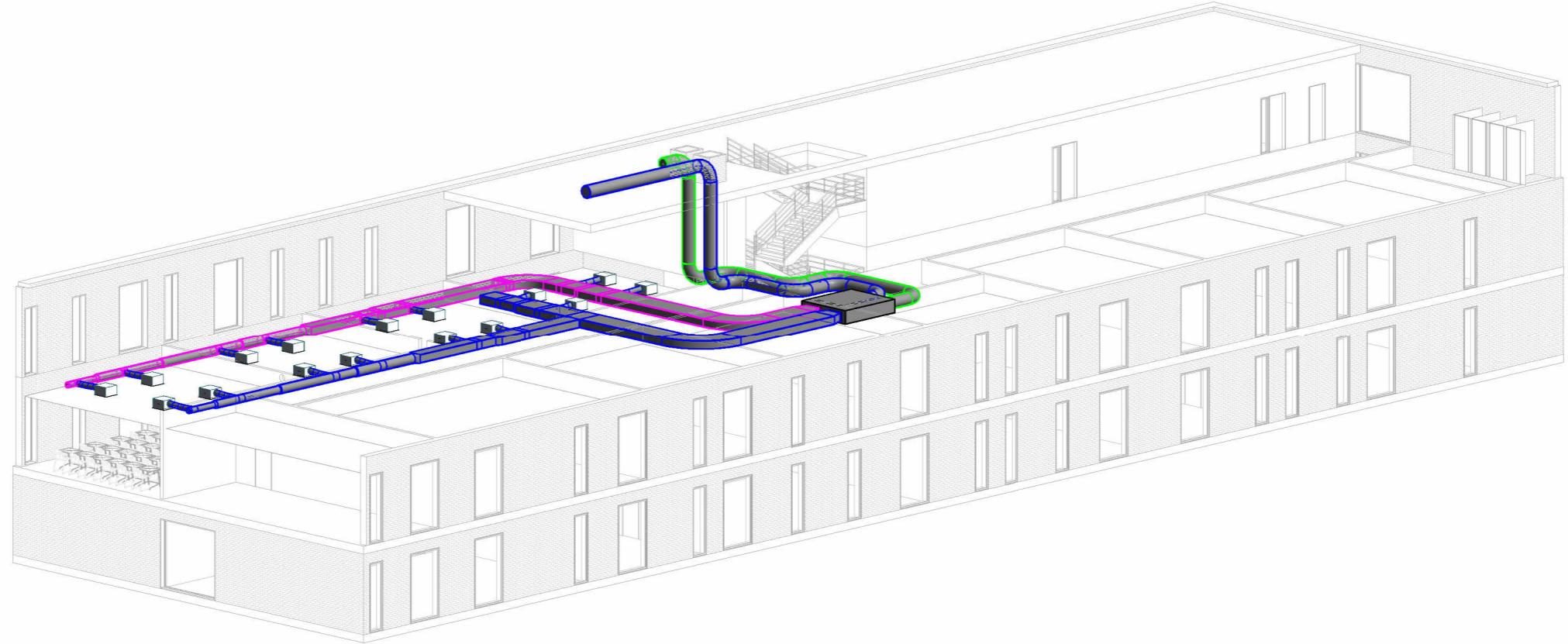
LÍNGUA
PT

3DG9.D04

REV. REV. ESCALA FOLHA
1/100 1/1

ESTADO DATA DE EMISSÃO
CONCLUÍDO 18-12-2022

1	2	3	4	5	6	7	8
A				A			
B				B			
C				C			
D				D			
E				E			
F				F			
1	2	3	4	5	6	7	A3



DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL
Licenciatura em Engenharia mecânica
Projeto 1
3º ano 1º semestre

DESENHOU/VERIFICOU
1180912-Tiago Gomes 1191622-Barbara Borlido

TIPO DE DOCUMENTO
Vista 3D

TÍTULO/TÍTULO COMPLEMENTAR
SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA DE 4 SALAS DE AULA

LÍNGUA
PT

FOLHA
1/1

ESTADO

DATA DE EMISSÃO
18-12-2022

CONCLUÍDO

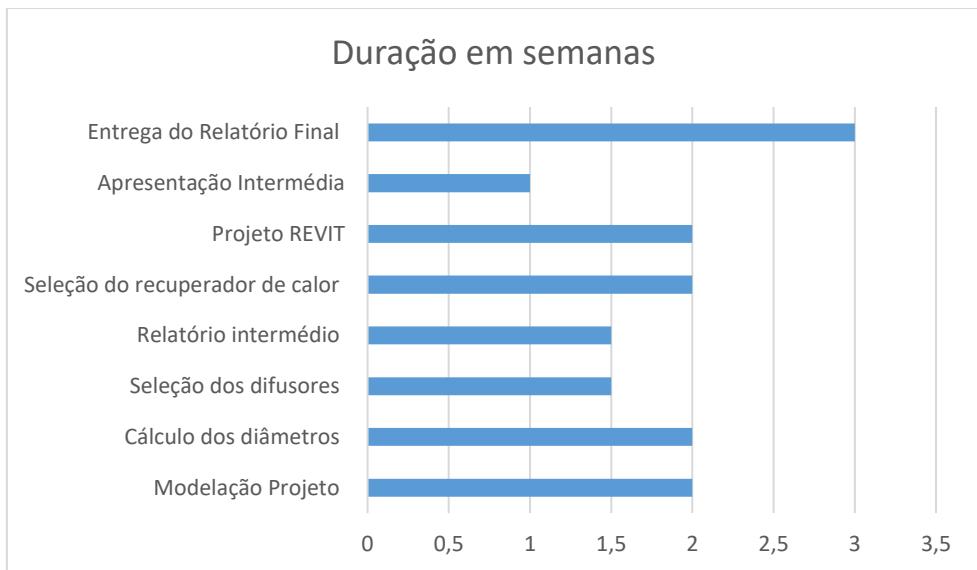
9. Referências bibliográficas

- [1] "Portaria 138-I/2021 de 1 de julho," [Online]. Available:
] <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/138-i-2021-166296492>.
- [2] A. Walker, "Natural Ventilation," 08 02 2016. [Online]. Available:
] <https://www.wbdg.org/resources/natural-ventilation>.
- [3] I. P. d. M. e. d. Atmosfera, "Instituto Português do Mar e da Atmosfera," [Online]. Available:
] <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>.
- [4] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, "Eficiência energética," [Online]. Available:
] <https://www.lnec.pt/pt/servicos/ferramentas/br-aplicacoes/eficiencia-energetica/>.
- [5] ASHRAE, "Duct Design," pp. 6-8.
]
- [6] Trox, "A importância de uma boa distribuição do ar," janeiro 2014. [Online]. Available:
] https://www.contimetra.com/Conteudos_F/AC/fichas/trox/grelhas/003_distribuicao_do_ar_trox.pdf.
- [7] Sandometal, "Sandometal," [Online]. Available: <http://www.sandometal.pt/produtos-sandometal/conduta-circular/>.

10. Anexos

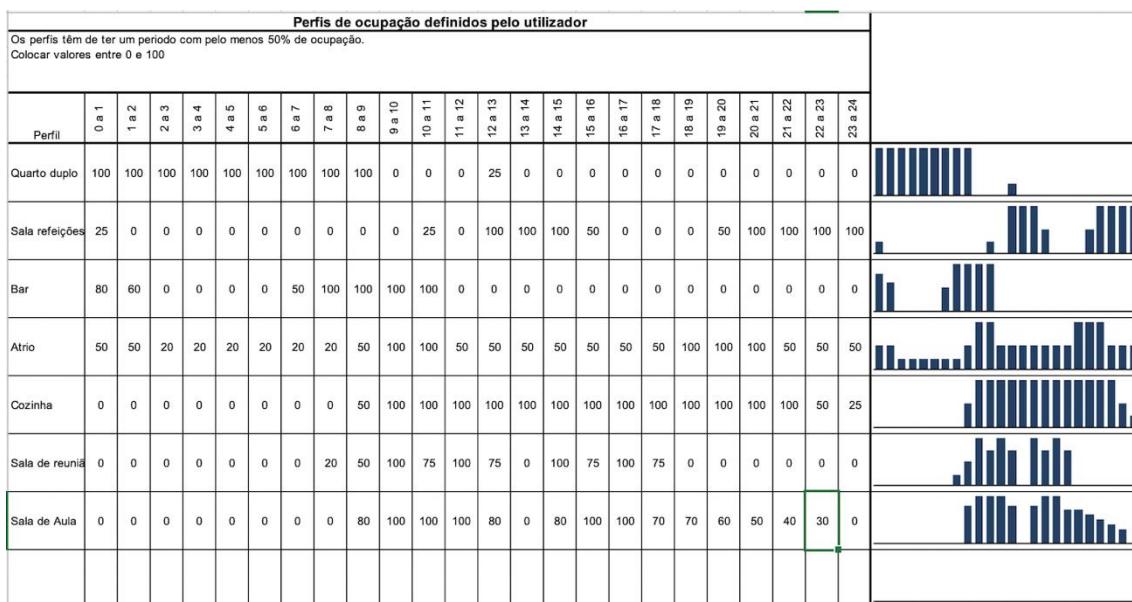
ANEXO A:

Cronograma



ANEXO B:

Perfil de ocupação.



ANEXO C:

Dados para cálculo de caudal de ar novo mínimo.

Dados de entrada										
Designação do espaço ou agrupamento de espaços semelhantes	Área pav. (m ²)	Pd (m)	n.º Ocup.	Faixa Etária	Tipo de atividade (metabólica)	Limiar de proteção CO2	Perfil Ocup.	Tipo de espaço (Carga poluente edifício)	Método de Ventilação (Eficácia de remoção de poluentes)	
Sala de Aula 1	50	3,3	25	até 18 anos e adultos	Sedentária	1250 ppm (2250 mg/m ³)	Sala de Aula	Predominância (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente	3 - Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto (ventilação mecânica e híbrida)	
Sala de Aula 2	50	3,3	25	até 18 anos e adultos	Sedentária	1250 ppm (2250 mg/m ³)	Sala de Aula	Predominância (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente	3 - Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto (ventilação mecânica e híbrida)	
Sala de Aula 3	50	3,3	25	até 18 anos e adultos	Sedentária	1250 ppm (2250 mg/m ³)	Sala de Aula	Predominância (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente	3 - Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto (ventilação mecânica e híbrida)	
Sala de Aula 4	50	3,3	25	até 18 anos e adultos	Sedentária	1250 ppm (2250 mg/m ³)	Sala de Aula	Predominância (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente	3 - Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto (ventilação mecânica e híbrida)	

ANEXO D:

Comparação de valores para cada um dos métodos.

Dados de saída Método analítico				Informação Condição equilíbrio		Informação Método Prescritivo		Valores associados às opções de entrada				Valor Calculado Analítico	
Caudal de ar/ev, QANF (m ³ /h)	Caudal de ar QAN (m ³ /h)	CO2 médio ocupação	CO2 máximo	Caudal de ar/ev, QANF (m ³ /h)	Caudal de ar QAN (m ³ /h)	Caudal de ar/ev, QANF (m ³ /h)	Caudal de ar QAN (m ³ /h)	Taxa metabolismo (met)	Área DuBois Adu (m ²)	Eficácia remoção poluentes (%)	Caudal unidade área (m ³ (h.m ²))	Critério Ocupantes (m ³ /h)	Critério Edifício (m ³ /h)
575	460	1250 ppm (2250 mg/m ³)	1494 ppm (2689 mg/m ³)	738	590	750	600	1,20	1,80	0,80	2,0	460	100
575	460	1250 ppm (2250 mg/m ³)	1494 ppm (2689 mg/m ³)	738	590	750	600	1,20	1,80	0,80	2,0	460	100
575	460	1250 ppm (2250 mg/m ³)	1494 ppm (2689 mg/m ³)	738	590	750	600	1,20	1,80	0,80	2,0	460	100
575	460	1250 ppm (2250 mg/m ³)	1494 ppm (2689 mg/m ³)	738	590	750	600	1,20	1,80	0,80	2,0	460	100

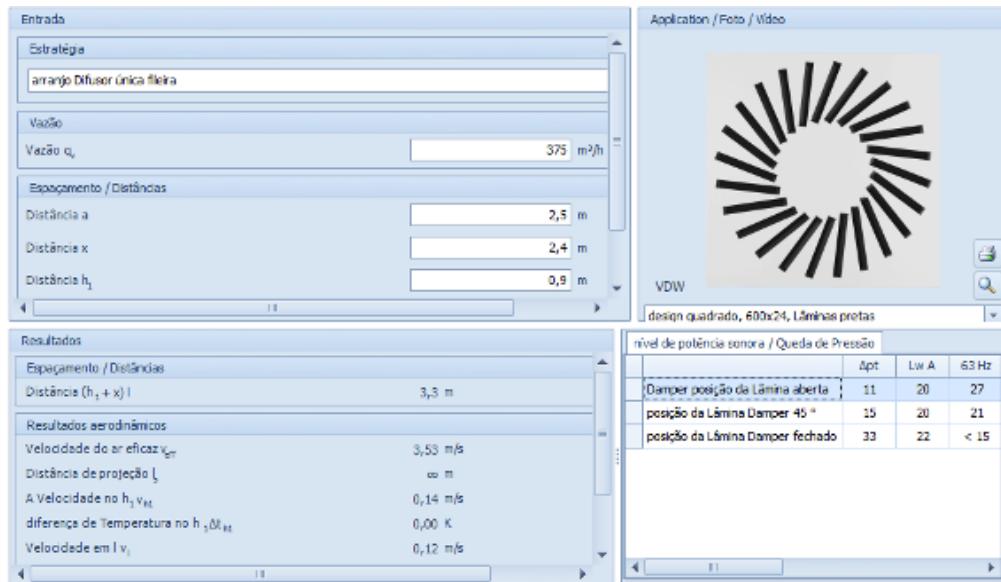
ANEXO E:

Cálculos Diâmetros das condutas, ferramenta EXCEL.

$\rho(\text{kg/m}^3)$	π	ϵ	v				
1,2041	3,141592654	0,00009	$15,06 \cdot 10^{-6}$				
$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$Q(\text{L/s})$	$\Delta p(\text{Pa/m})$	$D(\text{m})$	retangular para 0,350 (m)	$D_{\text{comercial}}(\text{m})$	
3000	0,833	833,3	0,6	0,458	1,000	0,450	
2625	0,729	729,2	0,6	0,435	0,800	-----	
2250	0,625	625,0	0,6	0,410	0,700	-----	
1875	0,521	520,8	0,6	0,382	0,500	-----	
1500	0,417	416,7	0,6	0,351	-----	0,355	
1125	0,313	312,5	0,6	0,314	-----	0,315	
750	0,208	208,3	0,6	0,269	-----	0,280	
375	0,104	104,2	0,6	0,206	-----	0,200	
Re	f	x	$D3000(\text{m})$		Re	f	$D1500(\text{m})$
-----	0,02	-----	0,468590857		-----	0,02	-----
151926,6884	0,017734986	9,29656E-05	0,457460899		117903,5399	0,018765794	2,98514E-07
151879,4486	0,017762584	5,6835E-07	0,457603186		116411,0569	0,018818453	3,53954E-07
Re	f	x	$D2625(\text{m})$		Re	f	$D1125(\text{m})$
-----	0,02	-----	0,444218899		-----	0,02	-----
147483,0342	0,017874851	7,02625E-07	0,434349691		105087,57	0,019249475	9,47857E-07
144206,4046	0,017961428	7,59678E-07	0,434769636		104286,7488	0,019282278	9,98781E-07
Re	f	x	$D2250(\text{m})$		Re	f	$D750(\text{m})$
-----	0,02	-----	0,417655606		-----	0,02	-----
138663,88	0,018113941	6,7137E-07	0,409463228		89354,17434	0,019962971	3,8292E-07
135943,9669	0,018191755	4,83391E-07	0,409814422		89321,06256	0,019964646	3,82484E-07
Re	f	x	$D1875(\text{m})$		Re	f	$D375(\text{m})$
-----	0,02	-----	0,388280712		-----	0,02	-----
128911,2589	0,018402855	2,32004E-07	0,381871159		67717,80117	0,021276161	7,80333E-07
126783,2533	0,01846975	4,15052E-07	0,382148378		68560,74124	0,021214891	6,90955E-07
126875,2914	0,018466826	4,06465E-07	0,382136278				0,206385879

ANEXO F:

Características do difusor escolhido.



ANEXO G:

Cálculos para as perdas, ferramenta EXCEL.

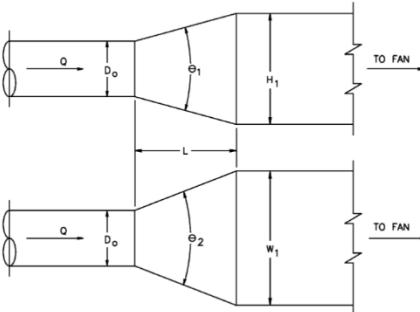
v (m ³ /s)	k	Calculo de perda localizadas	Distância Conduta (m)	Calculo das perdas em linha (Pa)	
2,777777778	0,276	1,282143519	19,22	11,532	
3,038194444	0,273	1,517142374	1,59	0,954	
2,976190476	0,092	0,490616142	6,26	3,756	
3,472222222	0,117	0,849245877	3,44	2,064	
4,209612989	0,06	0,640129958	3,17	1,902	
4,009950695	0,06	0,580847168	4,05	2,43	
3,383395899	0,22	1,516215314	3,26	1,956	
3,315727981	0	0	0,66	0,396	
Somatório perdas localizadas			Somatório perdas em linha		Somatorio Perdas
6,876340352			24,99		31,86634035

ANEXO H:

Coefficientes de perdas localizadas

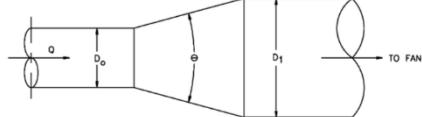
ED4-2 Transition, Round to Rectangular, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	0	C_o Values											
		3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.063	0.0	0.17	0.19	0.30	0.46	0.53	0.64	0.77	0.88	0.95	0.95	0.94	0.93
0.10	0.0	0.17	0.19	0.30	0.45	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.89	0.89	0.88
0.167	0.0	0.18	0.19	0.30	0.44	0.53	0.63	0.72	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79
0.25	0.0	0.16	0.18	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64
0.50	0.0	0.14	0.14	0.15	0.22	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.27	0.26	0.28	0.25	0.19	0.23	0.27	0.52	0.75	0.91	0.95
4.00	0.0	1.60	1.14	0.84	0.85	0.86	0.76	0.90	1.09	2.78	4.30	5.65	6.55
6.00	0.0	3.89	3.04	1.84	1.77	1.78	1.73	2.18	2.67	6.67	10.07	13.09	15.18
10.00	0.0	11.80	9.31	5.40	5.18	5.15	5.05	6.44	7.94	19.06	28.55	36.75	42.75



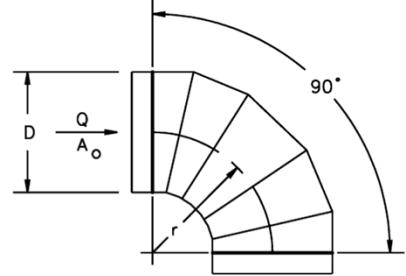
ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	0	C_o Values											
		3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.063	0.0	0.18	0.18	0.20	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.0	0.20	0.18	0.20	0.27	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.167	0.0	0.18	0.17	0.18	0.25	0.33	0.48	0.66	0.77	0.74	0.73	0.73	0.72
0.25	0.0	0.20	0.17	0.16	0.21	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.0	0.15	0.13	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.26	0.21	0.19	0.19	0.19	0.23	0.27	0.51	0.73	0.90	0.95
4.00	0.0	1.60	1.14	0.75	0.70	0.70	0.70	0.90	1.09	2.78	4.29	5.63	6.53
6.00	0.0	3.89	3.02	1.73	1.58	1.58	1.58	2.12	2.66	6.62	10.01	13.03	15.12
10.00	0.0	11.80	9.30	5.30	5.00	5.00	5.00	6.45	7.90	19.00	28.50	36.70	42.70



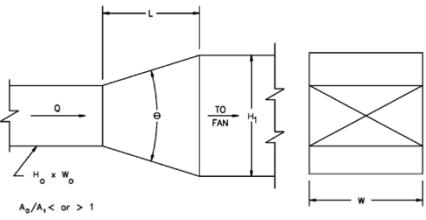
CD3-9 Elbow, 5 Gore, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D, mm	75	150	230	300	380	450	530	600	690	750	1500
C_o	0.51	0.28	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12



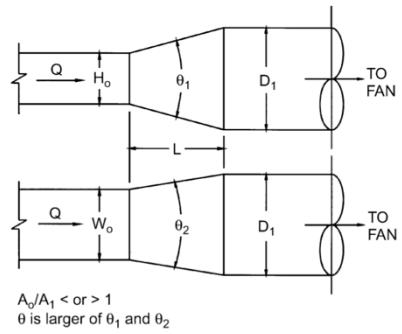
**ER4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel,
Symmetrical, Exhaust/Return Systems**

A_o/A_1	C_o Values												
	θ												
0	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.063	0.0	0.44	0.27	0.25	0.27	0.36	0.56	0.71	0.86	0.99	0.99	0.98	0.98
0.10	0.0	0.41	0.27	0.23	0.25	0.34	0.53	0.69	0.83	0.94	0.94	0.92	0.91
0.167	0.0	0.34	0.28	0.21	0.23	0.30	0.48	0.65	0.76	0.83	0.83	0.82	0.80
0.25	0.0	0.26	0.29	0.17	0.19	0.25	0.42	0.60	0.68	0.70	0.70	0.68	0.66
0.50	0.0	0.16	0.24	0.14	0.13	0.15	0.24	0.35	0.37	0.38	0.37	0.36	0.35
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.38	0.25	0.17	0.17	0.17	0.23	0.29	0.49	0.66	0.81	0.88
4.00	0.0	1.66	1.25	0.77	0.70	0.70	0.70	0.90	1.09	2.84	4.36	5.69	6.57
6.00	0.0	4.05	3.14	1.76	1.58	1.58	2.12	2.66	6.71	10.11	13.13	15.20	
10.00	0.0	12.01	9.39	5.33	5.00	5.00	6.45	7.93	19.10	28.60	36.79	42.79	



ER4-3 Transition, Rectangular to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values												
	θ												
0	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.063	0.0	0.17	0.19	0.30	0.46	0.53	0.64	0.77	0.88	0.95	0.95	0.94	0.93
0.10	0.0	0.17	0.19	0.30	0.45	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.89	0.89	0.88
0.167	0.0	0.18	0.19	0.30	0.44	0.53	0.63	0.72	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79
0.25	0.0	0.16	0.18	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64
0.50	0.0	0.14	0.14	0.15	0.22	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.27	0.26	0.28	0.25	0.19	0.23	0.27	0.52	0.75	0.91	0.95
4.00	0.0	1.60	1.14	0.84	0.85	0.86	0.76	0.90	1.09	2.78	4.30	5.65	6.55
6.00	0.0	3.89	3.04	1.84	1.77	1.78	1.73	2.18	2.67	6.67	10.07	13.09	15.18
10.00	0.0	11.80	9.31	5.40	5.18	5.15	5.05	6.44	7.94	19.06	28.55	36.75	42.75



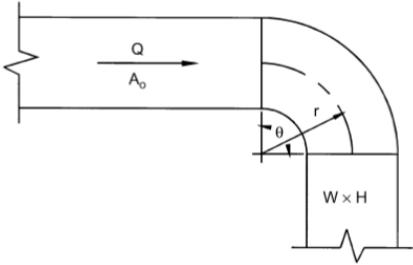
RECTANGULAR FITTINGS

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

r/W	C_p Values											
	H/W											
0.25	0.50	0.75	1.0	1.50	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0		
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18	
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	

Angle Factor K												
0	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180	
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40	

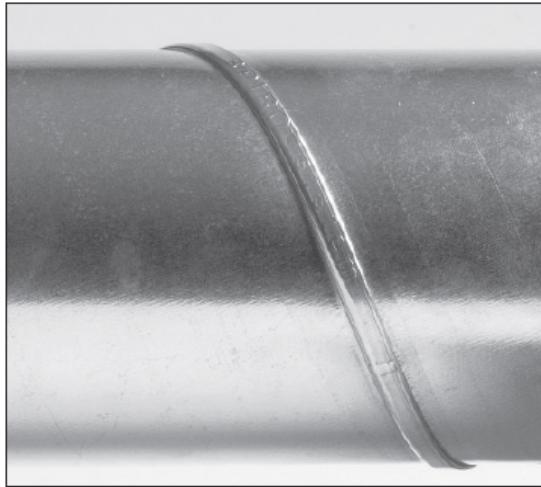
$$C_o = KC_p \text{ where } K = \text{angle factor}$$



Anexo I:

COMPRIMENTO DOS LADOS (mm)	b												
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200		
a													
200	0,020 133 149 0,60	0,030 171 186 0,70	0,040 200 218 0,80									Ac d _h d _s A ₁	
250	0,025 143 165 0,70	0,038 188 206 0,80	0,050 222 241 0,90	0,063 250 273 1,00								Ac d _h d _s A ₁	
300	0,030 150 180 0,80	0,045 200 224 0,90	0,060 240 262 1,00	0,075 273 296 1,10	0,090 300 327 1,20							Ac d _h d _s A ₁	
400	0,040 160 205 1,00	0,050 218 255 1,10	0,080 267 299 1,20	0,10 308 337 1,30	0,12 343 373 1,40	0,16 400 456 1,60						Ac d _h d _s A ₁	
500		0,075 231 283 1,30	0,10 286 331 1,40	0,13 333 374 1,50	0,15 375 413 1,60	0,20 444 483 1,80	0,25 500 545 2,00					Ac d _h d _s A ₁	
600		0,090 240 307 1,50	0,12 300 359 1,60	0,15 353 406 1,70	0,16 400 448 1,80	0,24 480 524 2,00	0,30 545 592 2,20	0,36 600 654 2,40				Ac d _h d _s A ₁	
800			0,16 320 410 2,00	0,20 381 463 2,10	0,24 436 511 2,20	0,32 533 598 2,40	0,40 615 675 2,60	0,48 686 745 2,80	0,64 800 872 3,20			Ac d _h d _s A ₁	
1000				0,25 400 512 2,50	0,30 462 566 2,60	0,40 571 662 2,80	0,50 667 747 3,00	0,60 750 825 3,20	0,80 889 965 3,60	1,00 1000 1090 4,00		Ac d _h d _s A ₁	
1200					0,36 480 614 3,00	0,48 600 719 3,20	0,60 706 812 3,40	0,72 800 896 3,60	0,96 960 1049 4,00	1,20 1091 11184 4,40	1,44 1200 1308 4,80	Ac d _h d _s A ₁	
1400						0,56 622 771 3,60	0,70 737 871 3,80	0,84 840 962 4,00	1,12 1018 1125 4,40	1,40 1167 1270 4,80	1,68 1292 1403 5,20	Ac d _h d _s A ₁	
1600						0,64 640 819 4,00	0,80 762 925 4,20	0,96 873 1022 4,40	1,28 1067 1195 4,80	1,60 1231 1350 5,20	1,92 1371 1491 5,60	Ac d _h d _s A ₁	
1800							0,9 783 976 4,80	1,08 900 1078 4,80	1,44 1108 1261 5,20	1,80 1286 1424 5,60	2,16 1440 1573 6,00	Ac d _h d _s A ₁	
2000								1,00 800 1024 5,00	1,20 923 1131 5,20	1,60 1143 1323 5,60	2,00 1333 1494 6,00	2,40 1500 1650 6,40	Ac d _h d _s A ₁

Tubos



Descrição

Todos os tubos produzidos em máquinas da SPIRO INTERNACIONAL S.A. têm estampada a marca registada SPIRO®SYSTEM. A marca registada e o "entalhe" são garantia de qualidade.

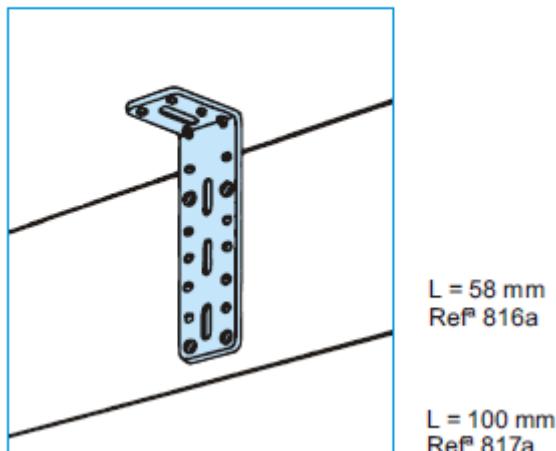
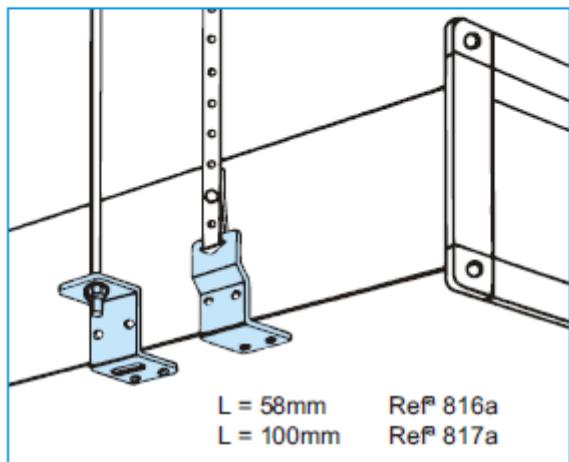
Dimensões

$\frac{\phi_d}{nom}$ mm	πd m	$\frac{\pi d^2}{4}$ m^2
80	0,251	0,005
100	0,314	0,008
125	0,393	0,012
140	0,440	0,015
150	0,471	0,018
160	0,502	0,020
180	0,565	0,025
200	0,628	0,031
224	0,703	0,039
250	0,785	0,049
280	0,879	0,062
300	0,942	0,071
315	0,989	0,078
355	1,115	0,099
400	1,256	0,126
450	1,413	0,159
500	1,570	0,196
560	1,758	0,246
600	1,884	0,283
630	1,978	0,312
710	2,229	0,396
800	2,512	0,503
900	2,826	0,636
1000	3,140	0,785
1120	3,517	0,985
1250	3,925	1,227

Anexo J:

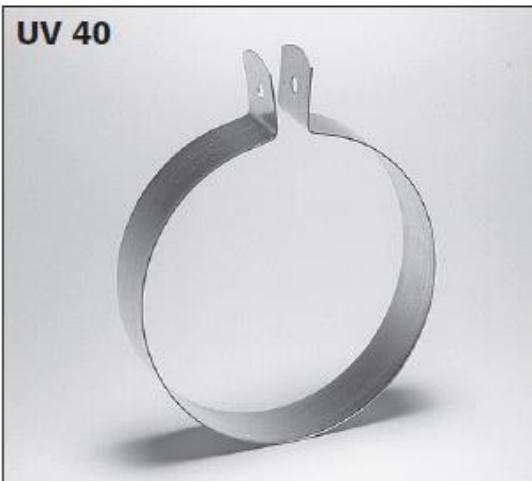
5.6 - Suspensor de Condutas com fixação directa

Para fixação directa ao tecto ou outro tipo de estrutura

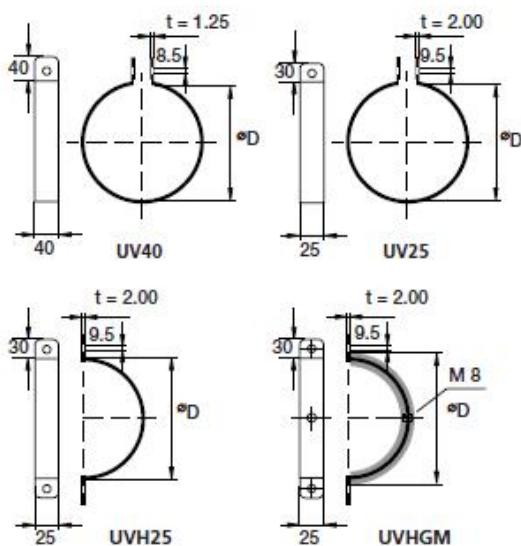


Anexo K:

UV40 / UV25 / UVH25 / UVHGM



Dimensões



$\varnothing D$ nom	Kg
63 *	0,2
80	0,2
100	0,2
112	0,2
125	0,2
140	0,2
150	0,2
160	0,2
180	0,3
200	0,3
224	0,3
250	0,3
280	0,3
300	0,4

$\varnothing D$ nom	Kg
315	0,4
355	0,5
400	0,5
450	0,6
500	0,6
560	0,7
600	0,7
630	0,8
710	0,9
800	1,1
900	1,2
1000	1,3
1120	1,5
1250	1,6

*) Não disponível como UVH/UVHGM



Descrição

Braçadeiras disponíveis em várias versões:

UV 40 c/ 40 x 1.25 mm em chapa galvanizada

UV 25 c/ 25 x 2 mm em chapa galvanizada

UVH 25 em duas metades c/ 25 x 2 mm em chapa galvanizada

UVHGM em duas metades c/ 25 x 2 mm em chapa galvanizada e com borracha anti-vibração e porca M 8.

Como encomendar

Código do produto: **UV40 aaa**

Tipo _____

$\varnothing D$ _____

Anexo L:

TSL/XSL



Descrição

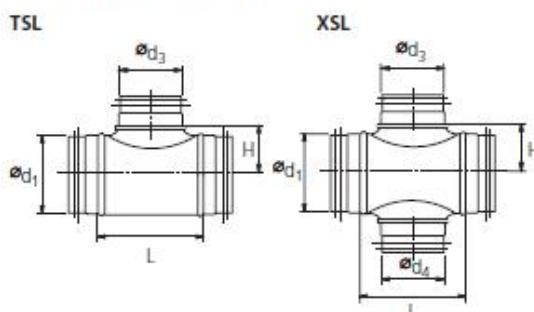
TSL/XSL = Construída com PSL estampado
 $\varnothing d_4$ pode ser diferente de $\varnothing d_3$

Perda de pressão (ver págs. 66-68)

Como encomendar

Código do produto: **XSL aaa bbb ccc**
Tipo _____
 $\varnothing d_1$ _____
 $\varnothing d_3$ _____
 $\varnothing d_4$ _____

Informação técnica



Dimensões

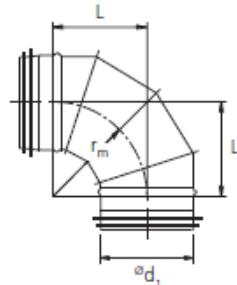
$\varnothing d_1$ nom	$\varnothing d_3$ nom	L mm	H mm	kg TCP/L	kg XCP/L
80	80	140	52	0,3	0,4
100	80	126	65	0,4	0,5
	100	151	65	0,5	0,6
125	80	146	75	0,5	0,6
	100	184	78	0,6	0,7
125	184	83	0,7	0,8	
140	80	140	82	0,5	0,6
	100	175	85	0,6	0,7
140	230	90	0,7	0,9	
150	80	140	87	0,5	0,6
	100	175	90	0,7	0,8
125	215	95	0,8	1,0	
140	230	95	0,8	1,0	
150	260	95	0,9	1,1	
160	80	140	92	0,6	0,7
	100	184	95	0,7	0,8
125	229	100	0,8	1,0	
140	230	100	0,8	1,0	
150	260	100	0,9	1,1	
160	229	105	1,2	1,4	
180	80	140	102	0,6	0,7
	100	175	105	0,8	0,9
125	215	110	0,9	1,1	
140	230	110	0,9	1,1	
150	260	110	0,9	1,1	
180	160	260	115	1,2	1,4
180	285	115	1,3	1,5	

Anexo M:

BFL 90°



Dimensões



$$r_m = 1 \times d_1$$

$d_{1, nom}$	L mm	kg
200	200	1,6
224	224	1,8
250	250	2,2
280	280	2,5
300	300	2,8
315	315	3,1
355	355	3,8
400	400	5,1
450	450	8,6
500	500	10,4
560	560	12,9
600	600	15,8
630	630	18,7
710	710	24,1
800	800	30,1
900	900	42,0
1000	1000	50,9
1120	1120	71,8
1250	1250	87,9

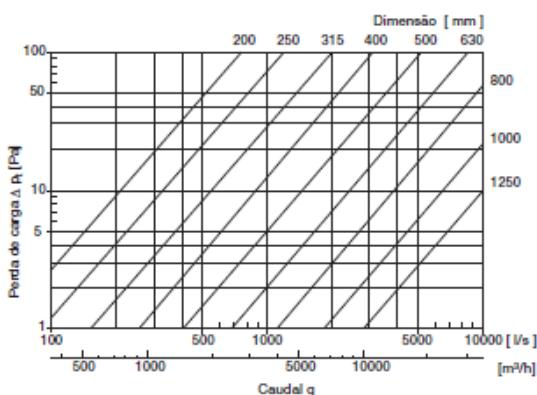
Descrição

Fabrico por gomas.
 $r_m = 1 \times d_1$

Como encomendar

Código do produto: **BFL aaa 90°**
Tipo _____
 $\circ d_1$ _____
 \circ _____

Informação técnica



Anexo N:

RCLL/REL



Descrição

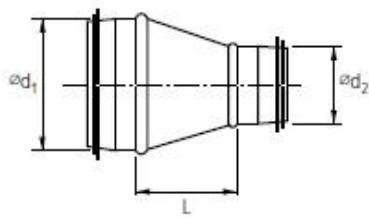
RCLL = Centrado
REL = Excentrico

Como encomendar

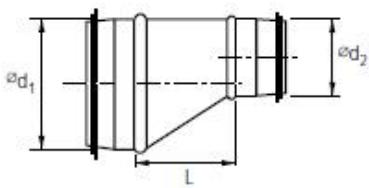
Código do produto: **RCLL aaa bbb**
Tipo _____
 ϕd_1 _____
 ϕd_2 _____

Dimensões

RC



RE



Dimensões

ϕd_1 nom	ϕd_2	L mm	kg
100	80	58	0,2
112	80	74	0,2
	100	47	0,2
125	80	92	0,3
	100	64	0,3
140	80	112	0,4
	100	85	0,3
	125	51	0,3
150	80	126	0,4
	100	99	0,4
	125	64	0,3
	140	44	0,3
160	80	140	0,5
	100	112	0,5
	125	78	0,4
	140	57	0,4
	150	44	0,3
180	80	167	0,5
	100	140	0,5
	125	106	0,5
	140	85	0,4
	150	71	0,4
	160	58	0,4
200	80	195	0,6
	100	167	0,6
	125	133	0,6
	140	112	0,5

Anexo O:

TUBOS FLEXÍVEIS EM INOX PAREDE SIMPLES E DUPLA GAMA PLUS

Tubo Inox Flexível 304 Parede Simples			
Ean	Diâm.	Ref.	€/Metro
5600927485390	50	8539	17,60 €
5600927485406	60	8540	16,10 €
5600927485413	70	8541	16,10 €
5600927484300	80	8430	9,90 €
5600927485420	90	8542	10,10 €
5600927485284	100	8528	10,85 €
5600927485291	110	8529	12,60 €
5600927485307	115	8530	13,60 €
5600927484256	120	8425	13,60 €
5600927484263	125	8426	14,60 €
5600927485314	130	8531	14,60 €
5600927484430	140	8443	14,60 €
5600927485321	150	8532	16,00 €
5600927485338	160	8533	17,00 €
5600927484461	175	8446	17,10 €
5600927485345	180	8534	17,10 €
5600927485352	200	8535	19,10 €
5600927485369	220	8536	30,10 €
5600927484089	250	8408	30,10 €
5600927485376	300	8537	35,60 €

Tubo Inox Flexível 316 Parede Simples			
Ean	Diâm.	Ref.	€/Metro
5600927487813	50	8781	19,10 €
5600927487837	60	8783	17,30 €
5600927487844	70	8784	17,30 €
5600927487851	80	8785	11,70 €
5600927487868	90	8786	12,25 €
5600927487493	100	8749	13,00 €
5600927487516	110	8751	13,95 €
5600927487530	115	8753	15,20 €
5600927487554	120	8755	15,20 €
5600927487578	125	8757	16,00 €
5600927487592	130	8759	16,80 €
5600927487615	140	8761	17,85 €
5600927487639	150	8763	19,80 €
5600927487653	160	8765	20,10 €
5600927487677	175	8767	20,85 €
5600927487691	180	8769	20,85 €
5600927487714	200	8771	23,55 €
5600927487738	220	8773	32,85 €
5600927487752	250	8775	33,10 €
5600927487776	300	8777	37,10 €



Tubo Inox Flexível 304 Parede Dupla			
Ean	Diâm.	Ref.	€/Metro
5600927483860	80	8386	13,30 €
5600927483785	100	8378	21,20 €
5600927483792	110	8379	22,10 €
5600927488797	120	8879	22,60 €
5600927483068	125	8306	22,60 €
5600927484171	140	8417	24,10 €
5600927483808	150	8380	25,10 €
5600927488827	160	8882	28,65 €
5600927483815	175	8381	28,75 €
5600927483822	180	8382	28,75 €
5600927483839	200	8383	30,55 €
5600927483105	220	8310	38,10 €
5600927483846	250	8384	41,10 €
5600927483853	300	8385	49,60 €

Tubo Inox Flexível 316 Parede Dupla			
Ean	Diâm.	Ref.	€/Metro
5600927482931	80	8293	17,50 €
5600927482962	100	8296	21,85 €
5600927488810	110	8881	24,05 €
5600927482924	120	8292	26,20 €
5600927488780	125	8878	28,40 €
5600927488803	140	8880	-
5600927482948	150	8294	32,75 €
5600927476152	160	7615	35,50 €
5600927482979	175	8297	35,60 €
5600927482979	180	8298	39,25 €
5600927482955	200	8295	43,65 €
5600927482993	220	8299	46,85 €
5600927483013	250	8301	54,50 €
5600927483020	300	8302	62,35 €



Anexo P:

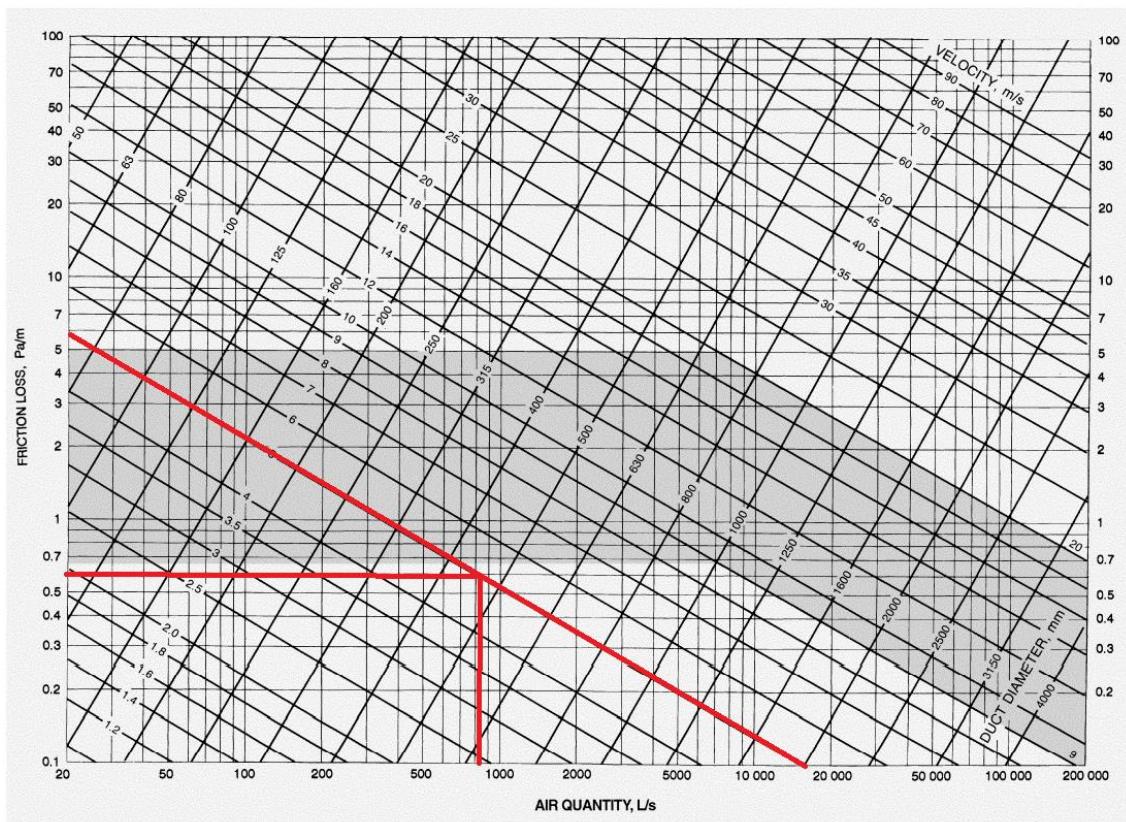


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct ($\rho = 1.20 \text{ kg/m}^3$ and $\varepsilon = 0.09 \text{ mm}$)