



M 2015

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO IN SITU DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E DA ESTANQUIDADE DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

PEDRO ALEXANDRE BARROS COUTO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ÁREA CIENTÍFICA



AVALIAÇÃO IN SITU DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E DA ESTANQUIDADE DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

PEDRO ALEXANDRE BARROS COUTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira

Coorientador: Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira
de Almeida

PORTO, JUNHO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A minha Família e Amigos

Sofremos muito com o pouco que nos falta e gozamos pouco o muito que temos.

William Shakespeare

AGRADECIMENTOS

Quero expressar os meus agradecimentos pela realização de um trabalho desta importância a várias pessoas, nomeadamente a minha orientadora Professora Doutora Eva Barreira e ao meu coorientador Professor Doutor Ricardo Almeida por todo o incentivo, apoio e todas as sugestões realizadas ao longo destes meses de trabalho.

Agradecer a disponibilidade dos equipamentos fornecidos pelo Laboratório de Física das Construções (LFC) para a realização dos ensaios do Gás Traçador e da Porta Ventiladora.

A minha família, em especial aos meus pais e aos meus avós, por me terem proporcionado ao longo da vida sempre tudo que precisei, para que tenha conseguido chegar até onde cheguei.

A todos os meus amigos que sempre estiveram presentes. Em especial aos meus amigos Pavel Alexeenko, João Avelino, André Pais e Ricardo Jesus, pela ajuda admirável nas horas mais difíceis e por fazerem de mim uma pessoa feliz.

RESUMO

Existe uma preocupação crescente com a qualidade do ar no interior dos edifícios. A importância de se quantificar a ventilação levou ao desenvolvimento de ensaios de pressurização e despressurização com o uso da porta ventilador e a técnicas com recurso a gases traçadores para a determinação dos caudais de ventilação.

O trabalho realizado teve como objetivo avaliar a permeabilidade dos elementos construtivos, através de ensaios com recurso ao Método do Gás Traçador e da Porta Ventiladora. A campanha experimental realizada permitiu ainda estimar as renovações horárias e o caudal de ventilação nos compartimentos da habitação.

Os resultados do Método do Gás Traçador mostraram que a sala é o compartimento mais estanque e a cozinha o menos estanque. O ensaio da Porta Ventiladora mostrou que o R_{ph50} do apartamento é de $8,9 \text{ h}^{-1}$ e que as grelhas são o elemento construtivo que tem um maior contributo para a ventilação.

Na relação entre os ensaios é de destacar o facto de existir uma elevada variabilidade na relação entre o R_{ph50} e o RPH.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilação, Estanquidade, Método do Gás Traçador, Ensaio da Porta Ventiladora, Renovações Horárias.

ABSTRACT

There is a growing concern about the air quality inside buildings. The importance of quantifying ventilation caused the development of pressurization and depressurization trials using the fan door and techniques like the use of tracer gas to determine the ventilation flows.

In the work done, there is the possibility to evaluate the permeability of the building blocks, through tests using the Decay Technique, Tracer Gas Method, and the Blower Door test. The experimental campaign allowed us to estimate the hourly renovations and the ventilation flow in the housing compartments.

The results of the tracer gas showed that the living room is the most tight compartment and the kitchen is the less tight. The test of Blower Door showed that the apartment Rph50 is 8,9 h⁻¹ and that the grids are the building block that has a greater contribution to ventilation.

In the tests relationship is to highlight the fact that there is a high variation between the relationship of Rph₅₀ and RPH.

KEYWORDS: Ventilation, Tightness, Tracer Gas Method, Blower Door, Hourly Renovations.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO	2
2. VENTILAÇÃO E ESTANQUIDADE	3
2.1. VENTILAÇÃO	3
2.1.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO	3
2.2. ESTANQUIDADE AO AR	4
2.2.1. CONCEITOS GERAIS	4
2.2.3. REQUISITOS DA QUALIDADE DO AR NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS	5
2.3. ENSAIO COM PORTA VENTILADORA	6
2.3.1. NORMALIZAÇÃO DO ENSAIO	6
2.3.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS	6
2.4. GÁS TRAÇADOR	10
2.4.1. APRECIACÕES INICIAIS	10
2.4.2. PROPRIEDADES DOS GASES TRAÇADORES	10
2.4.3. NORMALIZAÇÃO DO ENSAIO	21
2.4.4. ANÁLISE DE RESULTADOS	22
2.5. RELAÇÃO ENTRE A ESTANQUIDADE E A VENTILAÇÃO	24
3. PROCEDIMENTO DE ENSAIO	27
3.1. CASO DE ESTUDO	27
3.2. METODOLOGIA	28
3.3. PORTA VENTILADORA	29
3.3.1. CONDIÇÕES E CUIDADOS DE ENSAIO	29

3.3.2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	30
3.2.3. PLANEAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO.....	31
3.2.4. ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO DO ENSAIO	32
3.4. GÁS TRAÇADOR	34
3.4.1. CONDIÇÕES E CUIDADOS DE ENSAIO	34
3.4.2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	34
3.4.3. PLANEAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO.....	36
3.4.4. ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO DO ENSAIO	36
4. RESULTADOS	39
4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
4.1.1. EXPLICAÇÃO INICIAL DOS ENSAIOS	39
4.1.2. RESULTADOS DO ENSAIO COM GÁS TRAÇADOR.....	40
4.1.3. RESULTADOS DA PORTA VENTILADORA	42
4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
4.2.1. GÁS TRAÇADOR	46
4.2.2. PORTA VENTILADORA.....	48
4.2.3. COMPARAÇÃO DOS DOIS ENSAIOS	57
5. CONCLUSÕES	59
5.1. CONCLUSÕES PRINCIPAIS	59
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	60
BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Possíveis caminhos do escoamento do ar numa habitação (SIG ENERGY MANAGEMENT).....	5
Figura 2.2- Quantificação da área envolvente: 1- Exterior; 2- Tamanho global; 3- Interior. [Adaptado da ISO 9972 (2006)]	7
Figura 2.3- Exemplo de gráfico log-log conseguido em ensaios de pressurização e depressurização [Adaptado da ISO 9972 (2006)].	9
Figura 2.4- Esquema do método de concentração do gás traçador [Adaptado da ISO 12569].	10
Figura 2.5- Esquema exemplo do posicionamento dos ventiladores (Maldonado, 1983).	22
Figura 2.6- Gráfico representa a diminuição da concentração do gás em função do tempo.	23
Figura 2.7- Variação das temperaturas e do vento nos EUA.	25
Figura 3.1- Imagem do edifício e do apartamento adaptado do Google Maps.	27
Figura 3.2- Exemplo de elementos do apartamento que provocam ventilação já selados.	28
Figura 3.3- Planta com os elementos analisados. Preto- caixilharias; Vermelho- Grelhas e Verde-extrator.	29
Figura 3.4- Imagem com todos os componentes do ensaio de porta ventiladora.	30
Figura 3.5- Imagem com o equipamento montado da porta ventiladora.	31
Figura 3.6- Variáveis do software Fantestic.	33
Figura 3.7- Resultados do software Fantestic.....	33
Figura 3.8- Imagem com todos os componentes do ensaio de gás traçador.	35
Figura 3.9- Imagem com o equipamento montado do gás traçador.	35
Figura 4.1- Esquerda: Estação meteorológica; Direita superior o medidor de laser e inferior HOBO UX100.....	39
Figura 4.2- Exemplo de ficha de ensaio do gás traçador, GT1.1.	40
Figura 4.3- Gráfico da concentração de gás em função do tempo do ensaio de gás traçador GT7.3.....	41

Figura 4.4- Resultados de todas as renovações horárias do Gás Traçador.	42
Figura 4.5- Resultados de todos os caudais do Gás traçador.	42
Figura 4.6- Exemplo de ficha de ensaio da porta ventiladora, ensaio PV1.1_des.	44
Figura 4.7- Gráfico exemplo do fluxo de ar em relação a pressão do edifício do ensaio PV1.2_des.	45
Figura 4.8- Gráfico de permeabilidade global da caixilharia do quarto.	45
Figura 4.9- Gráfico com todos os resultados dos Rph50 da Porta Ventiladora.	46
Figura 4.10- Gráfico com todos os Rph50 de Porta Ventiladora. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.	46
Figura 4.11- Resultados do Gás Traçador das renovações horárias e dos caudais de todos os compartimentos.	47
Figura 4.12- Resultados do Gás traçador das renovações horárias e os caudais das grelhas e do extrator.	48
Figura 4.13- Resultados da Porta Ventiladora das renovações horárias e dos caudais de todos os compartimentos.	49
Figura 4.14- Gráfico com os Rph50 e os caudais de despressurização à direita e pressurização à esquerda dos compartimentos e do apartamento.	49
Figura 4.15- Resultados dos Rph50 e dos caudais de todas as caixilhariadas da Porta Ventiladora.	50
Figura 4.16 - Resultados dos Rph50 e caudais da Porta Ventiladora. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.	50
Figura 4.17- Gráfico com as curvas de permeabilidade de todas as caixilhariadas.	50
Figura 4.18- Gráfico com as curvas de permeabilidade. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.	51
Figura 4.19- Resultados dos Rph50 e os caudais de todas as grelhas e do extrator.	52
Figura 4.20- Resultados dos Rph50 e os caudais de todas as grelhas e do extrator. Esquerda: Despressurização; Direita: pressurização.	53
Figura 4.21- Gráfico com as curvas de permeabilidade das grelhas e do extrator.	53
Figura 4.22- Gráfico com as curvas de permeabilidade. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.	53

Figura 4.23- Gráfico com todas as curvas de permeabilidade da grelha da cozinha..... 53

Figura 4.24- Gráficos com o peso dos diferentes caudais..... 56

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1- Propriedades químicas do hexafluoreto de enxofre (adaptado de Amaral, 2008) .	21
Quadro 2.2- Fatores de correção da habitação.	25
Quadro 2.3- Fatores de correção do vento.	25
Quadro 2.4- Fatores de correção das fendas.	25
Quadro 3.1- Quadro com a nomenclatura dos elementos avaliados.....	28
Quadro 3.2- Modelo Retrotec 1000.....	31
Quadro 3.3- Ensaio de porta ventiladora.	32
Quadro 3.4- Ensaio de gás traçador.	36
Quadro 4.1- Quadro dos valores obtidos nos ensaios de gás traçador.	41
Quadro 4.2- Exemplo de valores obtidos num ensaio de porta ventiladora.	43
Quadro 4.3- Quadro com a comparação dos caudais e renovações horárias de Carneiro (2014).	48
Quadro 4.4- Quadro com o caudal por metro de caixilharia.	52
Quadro 4.5- Quadro com a análise entre os caudais do apartamento selado e desselado com as curvas de permeabilidade.	56
Quadro 4.6- Quadro com a comparação das renovações horárias dos dois ensaios.	58

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

A_E - área da envolvente [m^2]

A_F - área útil [m^2]

c - Coeficiente de escoamento [$m^3 / (h \cdot Pa^n)$]

C_6F_6 – Perfluorobenzeno

C_7F_8 - Perfluorometilbenzeno

C_{env} - coeficiente de escoamento de ar [$m^3 / (h \cdot Pa^n)$]

C_L - coeficiente de infiltração de ar [$m^3 / (h \cdot Pa^n)$]

CO_2 - Dióxido de carbono

$\ln(c)$ – logaritmo neperiano da concentração

n - expoente de escoamento [-]

N – Fator de correlação

N_2O - Óxido nitroso ou protóxido de azoto

Q - caudal escoado [m^3/h]

q_{50} - razão entre caudal escoado e área da envolvente a 50 Pa [$m^3/h/m^2$]

Q_{env} – Caudal de ar escoado através da envolvente [m^3/h]

R^2 – coeficiente de determinação

RPH – renovação horária [h^{-1}]

R_{ph50} - renovações por hora a 50 Pa [h^{-1}]

R_{phnat} - renovações horárias a pressões normais [h^{-1}]

SF_6 - Hexafluoreto de enxofre

V - volume interior da habitação [m^3]

\dot{V}_{50} - fluxo de ar a 50 Pa [m^3/h]

w_{50} - razão entre caudal de ar escoado e área útil [$m^3/h/m^2$]

Δp - diferencial de pressão [Pa]

ΔT - diferencial de temperatura [°C]

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A constante evolução da construção e a diferente organização da vida pessoal provocou uma preocupação crescente com a qualidade do ar no interior dos edifícios. Por um lado os moradores perderam o hábito de abrir as janelas e portas, durante curtos intervalos de tempo, por outro lado a procura por maior estanquidade na construção para proporcionar uma redução do consumo de energia. Tanto o descuido da renovação do ar interior, como também a maior qualidade dos materiais do edifício, potenciam a deterioração da qualidade do ar interior, conduzindo ao aparecimento de várias patologias que outrora não existiam. Patologias que originam desconforto habitacional, degradação do edificado e possíveis riscos de saúde.

A importância de se quantificar a ventilação levou à evolução de métodos experimentais que permitem estimar o caudal de ventilação no edificado. Ensaio de pressurização e despressurização com a porta ventiladora, que possibilitam analisar a estanquidade dos edifícios, ou técnicas com recurso a gases traçadores para a determinação dos caudais de ventilação.

1.2. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho pretende estudar e analisar o funcionamento do sistema de ventilação de um edifício de habitação, nomeadamente avaliar a estanquidade com recurso ao ensaio da porta ventiladora e estimar o caudal de ventilação com o método do gás traçador. Os resultados obtidos nos dois ensaios serão ainda relacionados. Para atingir este objetivo sintetizaram-se as seguintes tarefas:

- Recolha de informação sobre os diferentes sistemas de ventilação em edifícios habitacionais existentes em Portugal;
- Pesquisar recomendações sobre estanquidade e qualidade do ar no interior de um edifício habitacional;

- Compilar a informação no domínio da legislação sobre ventilação em Portugal e ainda da normalização existente para o ensaio da porta ventiladora e do método do gás traçador;
- Estabelecer comparações entre os dois ensaios;
- Aprender o funcionamento dos equipamentos necessários para os ensaios, caracterizando os cuidados necessários, a montagem, processo de ensaio e a metodologia de resultados;
- Realizar ensaios de estanquidade e de determinação dos caudais de ventilação no edifício de habitação;
- Avaliar o contributo de alguns elementos construtivos para a ventilação do edifício, através da comparação dos resultados obtidos em ensaios sucessivos com os elementos selados e desselados;
- Recolha e interpretação dos resultados dos ensaios e posterior comparação entre eles.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos:

- ❖ O capítulo 1 – Objetivo de fazer um enquadramento geral do resto do trabalho, definindo os objetivos da dissertação e apresentar um resumo da estrutura do trabalho;
- ❖ O capítulo 2 – Apresenta-se uma pesquisa direcionada para a realização do resto do trabalho, revendo os diferentes sistemas de ventilação (natural, mecânica e mista), a normalização e regulamentação portuguesa em edifícios de habitação para a ventilação e para os métodos experimentais. Destaca-se a importância da estanquidade e da qualidade do ar no interior dos edifícios. Expõem-se os métodos experimentais utilizados: o método do gás traçador, técnica do declive, e ensaio da porta ventiladora.
- ❖ O capítulo 3 – São abordados em detalhe os procedimentos necessários para a realização dos dois ensaios, incluindo a sua preparação, cuidados a ter e montagem do equipamento. Descreve-se o caso de estudo, com uma apresentação geral do edifício, do sistema de ventilação existente e dos elementos que vão ser analisados.
- ❖ O capítulo 4 – Neste capítulo, apresentam-se os resultados experimentais obtidos durante a realização do trabalho. Apresentam-se comparações entre os resultados de cada ensaio, e mostra-se a relação entre as renovações horárias e os resultados do ensaio da porta ventiladora e por fim faz-se uma síntese dos valores obtidos, perspetivando os desenvolvimentos futuros neste assunto.
- ❖ O capítulo 5 – Realiza-se uma síntese crítica global dos resultados obtidos, com recomendações futuras para se poder melhorar o sistema de ventilação do edifício em estudo.

2

VENTILAÇÃO E ESTANQUIDADE

2.1. VENTILAÇÃO

2.1.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

Ventilação é o processo de substituição do ar em um espaço para garantir a qualidade do ar interior. Existem três tipos de ventilação: natural, mecânica e híbrida.

A ventilação natural ocorre quando o ar interior é substituído com o ar exterior, sem a utilização de sistemas mecânicos. A ventilação natural é assegurada através do efeito do vento ou de diferenças de temperatura (efeito chaminé):

- Ação do vento - O vento com uma certa velocidade ao atingir um obstáculo condiciona algumas áreas a apresentarem pressões positivas ou negativas. Esta diferença de pressão origina movimentações de ar das zonas de maior pressão para as de menor pressão.
- Efeito Chaminé – Ocorre quando existem diferenças de temperatura entre o ar interior e o exterior fazendo com que ocorra uma movimentação das massas de ar, já que o ar quente é menos denso que o ar frio, motivo pelo qual o ar interior tende a sair pelas zonas mais elevadas da habitação e o ar exterior entrar pelas aberturas mais inferiores.

Os dois efeitos de ventilação natural na prática ocorrem em conjunto. A distribuição de pressões que atuam na envolvente de um edifício é obtida pela soma dos valores instantâneos das pressões geradas por cada um desses mecanismos. Podem acontecer casos particulares de mais difícil análise, como, por exemplo, quando as pressões de cada um dos mecanismos se anulam e originam inversões de fluxo. Como a distribuição resultante da ação do vento é fortemente variável, também a distribuição global o é (Freitas, 2008).

A ventilação mecânica usa meios mecânicos, permitindo um melhor controlo das taxas de ventilação. O consumo de energia para o funcionamento dos sistemas é a grande desvantagem deste tipo de ventilação, sendo também importante o ruído gerado e a necessidade de manutenção frequente. Este tipo de ventilação pode ser dividido em 3 subsistemas:

- Extração mecânica: é criada uma pressão negativa recorrendo a ventiladores; a entrada de ar é feita através de elementos permeáveis ou aberturas na fachada.
- Insuflação mecânica: O ar é introduzido no edifício através de um ventilador de insuflação, que provoca a sua pressurização gerando uma pressão positiva. A extração do ar é realizada através de aberturas.
- Sistema balanceado: Consiste na conjugação dos dois sistemas anteriores. O edifício encontra-se equipado com ventiladores de admissão e extração.

Em comparação com o sistema de ventilação natural, a ventilação mecânica consegue garantir caudais pretendidos em regime contínuo e certificar-se de uma extração mais eficiente do ar poluente junto da fonte. Com a ventilação mecânica também se consegue realizar o pré-aquecimento e a filtragem do ar insuflado.

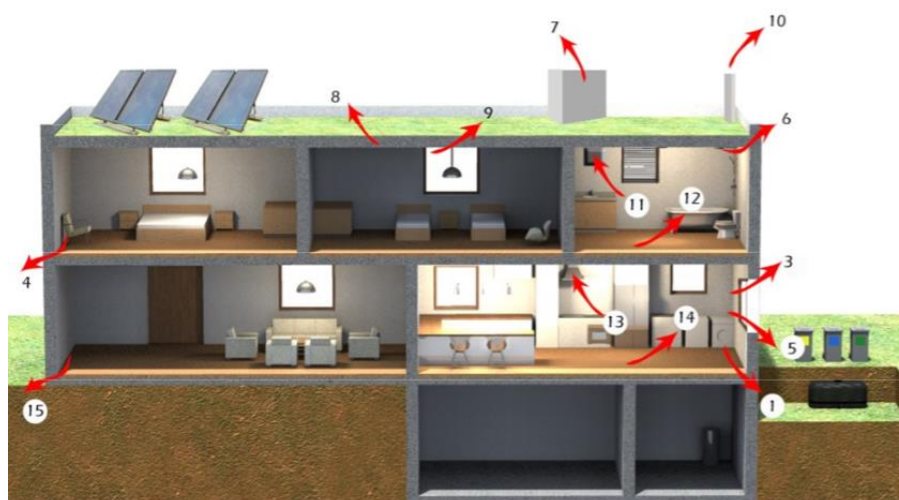
A ventilação híbrida utiliza os processos de ventilação mecânica e natural. Os componentes mecânicos e naturais podem ser utilizados em conjunto ou separadamente em diferentes momentos do dia. Como a componente natural, por vezes sujeita a condições climáticas externas imprevisíveis pode não ser adequada para ventilar o espaço desejado, então é utilizada a componente mecânica para aumentar a taxa de ventilação geral. Em alternativa, a componente mecânica pode ser utilizada como uma medida de controlo da ventilação natural, por exemplo, para restringir a taxa de renovação de ar durante os períodos de velocidades do vento altas. Tem menores custos quando comparada com a ventilação mecânica.

2.2. ESTANQUIDADE AO AR

2.2.1. CONCEITOS GERAIS

Quantificar a infiltração através de todas as aberturas, controladas e não controladas do edifício é bastante difícil. Na Figura 2.1 apresentam-se alguns destes possíveis caminhos das infiltrações. A permeabilidade do ar de um edifício depende da resistência à passagem de ar para o interior ou exterior através de orifícios acidentais ou aberturas na envolvente do edifício. A passagem do ar resulta de pressões diferenciais no redor do edificado devido a ventos ou sistemas de ventilação. Uma permeabilidade excessiva corresponde a uma parcela de desperdício nos consumos de energia, podendo tornar um ambiente interior termicamente desconfortável. Uma permeabilidade muito reduzida pode causar problemas da qualidade do ar interior em edifícios com boa estanquidade e sem sistema de ventilação (FERNÁNDEZ-AGÜERA, 2011).

A possível melhoria da estanquidade de um edifício existente dependerá da sua natureza e do género de trabalho a realizar. Por tal razão é complicado estabelecer um valor absoluto para a permeabilidade, sendo como recomendação conseguir-se uma permeabilidade de $5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ a 50 Pa.



Legenda:

- | | |
|--|--|
| 1- Grelhas de ventilação no solo | 9- Fendas à volta de instalações |
| 2- Fissuras no solo | 10- Respiradores de tetos e coberturas |
| 3- Fissuras nas janelas e portas | 11- Respiradores em WCs |
| 4- Comunicação entre o exterior dos solos e tetos através das caixas de ar | 12- Fissuras em condutas |
| 5- Fendas nas caixilharias e caixa estores | 13- Extratores |
| 6- Fissuras nas juntas de parede e coberturas | 14- Fissuras em condutas |
| 7- Chaminés abertas | 15- Fissuras nas juntas entre solo e paredes |
| 8- Fendas nas zonas de acesso à cobertura | 16- Fissuras junto de acessórios elétricos |

Figura 2.1- Possíveis caminhos do escoamento do ar numa habitação (SIG ENERGY MANAGEMENT).

2.2.3. REQUISITOS DA QUALIDADE DO AR NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS

De um ponto de vista energético, é quase sempre desejável aumentar a estanquidade ao ar num edifício, mas, a qualidade do ar interior pode decair se as infiltrações diminuïrem. Não está cientificamente provada qual a influência da permeabilidade ao ar dos edifícios na qualidade do ar interior, porque na maioria das vezes os fluxos de ar não são totalmente controlados. Contudo, é possível afirmar que os sistemas de ventilação corretamente dimensionados garantem uma boa qualidade do ar interior em edifícios muito estanques.

A maioria dos países europeus incluem nos seus regulamentos níveis de estanquidade mínimos exigidos ou recomendados, com ou sem o teste obrigatório. A norma AHSRAE define que a qualidade do ar interior é aceitável quando, de acordo com o fixado por autoridades reconhecidas e quando pelo menos 80% dos ocupantes expostos não manifestaram insatisfação, não existem contaminantes conhecidos em concentrações perigosas (AHSRAE, 2004). Em Portugal o regulamento utilizado para analisar a qualidade do ar interior é o SCE, que define as concentrações máximas de poluentes, microrganismos, e Radão (SCE, 2013).

2.3. ENSAIO COM PORTA VENTILADORA

2.3.1. NORMALIZAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio de estanquidade ao ar para a porta ventiladora pode ser realizado em conformidade com os procedimentos descritos na Norma Europeia EN 13829 (2001) – Thermal performance of building - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method. Também a ISO 9972 (2006) – Thermal performance of buildings -- Determination of air permeability of buildings -- Fan pressurization method, descreve o ensaio. No entanto é de notar que o conteúdo desta norma é em muito semelhante à já existente EN13829 (2001).

O ensaio consiste na medição da permeabilidade ao ar através da relação entre os valores de caudais de ar e diferenciais de pressão. A diferença de pressão frequentemente utilizada para medições pontuais é de 50 Pa porque esta é possível de alcançar na maioria dos edifícios e garante que as pressões do vento e do efeito chaminé não influenciam os resultados. Este valor não permite analisar o comportamento da envolvente do edifício para diferenças de pressão em condições de serviço, sendo o valor mais correntemente adotado de 4 Pa. O caudal obtido representa-se geralmente considerando a diferença de pressão de referência (V_{50} ou V_4).

Segundo a norma ISO 9972 (2006) existe considerações em relação ao equipamento:

- Os dispositivos tem de ter uma sensibilidade de diferenças de pressão de ± 2 de um intervalo de 0 Pa à 100 Pa, de temperatura de $\pm 1^\circ\text{C}$, da velocidade do vento de $\pm 0,25$ m/s para uma velocidade de 2,5 m/s;
- O equipamento deve ter capacidade para medir o caudal de ar dentro de 7% da leitura;
- Tomar precauções para que os tubos não sejam expostos a diferenças de temperatura e as leituras devem ser corrigidas em função da densidade do ar caso a medição da taxa de fluxo de ar seja um orifício;
- Todos os dispositivos que sejam capazes de induzir uma gama específica de diferenças de pressão positiva e negativa, o sistema deverá fornecer um fluxo de ar constante em cada diferença de pressão durante o tempo necessário para se obter leituras do índice de fluxo de ar.

2.3.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A norma ISO 9972 (2006) descreve três métodos para o procedimento de medição, a pressurização ou depressurização de um edifício ou parte de um edifício. Independentemente de qual o método usado, o vazamento de ar do edifício pode ser medido. A precisão deste método de medição está largamente dependente da instrumentação e aparelhos utilizados e das condições ambientais sob as quais são tomados os dados.

Aplica-se o método A nas condições normais de funcionamento do edifício, tanto quando o teste é feito em época de aquecimento como de arrefecimento. O objetivo do método é medir a taxa de ar que contribui para a estanquidade, por isso torna-se ideal para a avaliação do ponto de vista energético. As aberturas, como portas, janelas e grelhas de ventilação auto reguláveis, do edifício devem encontrar-se fechadas.

O método B é aplicado na medição da estanquidade da envolvente do edifício, por isso torna-se mais direcionado para avaliar a qualidade da envolvente do edifício. Para as condições deste ensaio ao contrário do anterior força que todos os dispositivos de aquecimento ou arrefecimento estejam desligados. Todas as aberturas ajustáveis devem ser fechadas e restantes aberturas intencionais devem ser seladas em vez de fechadas.

Método C é semelhante ao método A porque aplica-se como edifício em condições naturais. Este método tem a vantagem da adaptação das condições de ensaio segundo a finalidade pretendida. Todos os dispositivos externos de regulação de transferência de ar automaticamente montados são selados. Isso é válido para o abastecimento natural e sistemas de exaustão, bem como para o abastecimento natural e os sistemas de exaustão mecânica.

Para além das medidas individuais para cada método, deve se garantir medidas universais na aplicação de qualquer um dos métodos. O edifício ou parte do edifício a ser testado deve ser configurado para responder a pressurização como uma única zona, logo todas as aberturas exteriores intencionais do edifício ou parte do edifício tem de estar fechadas. Todas as portas comunicantes, exceto para armários, na parte do edifício devem ser abertas para que uma pressão uniforme seja mantida num intervalo de pelo menos 10% da medida entre a taxa de infiltração e a diferença de pressurização e despressurização do lado exterior. As cinzas das lareiras devem ser retiradas e é necessário adicionar observações gerais da condição do edifício como notas sobre as janelas, portas, paredes opacas, teto e piso, a posição de aberturas ajustáveis e quaisquer vedações aplicadas a aberturas intencionais.

O volume interno (V) é o volume de ar no interior do edifício medido. Calculado o volume multiplicando-se a área útil (A_F), de todos os elementos em que o mobiliário não é subtraído, pela altura do pé direito médio (ISO 9972, 2006).

A área da envolvente (A_E) do edifício em estudo é a área total de todos os pisos, paredes e tetos, que fazem fronteira com o volume interno associado ao ensaio, incluindo paredes e pisos abaixo do nível do solo externo. Dimensões internas global deve ser usada para calcular esta área. Nenhuma subtração deve ser feita para a área, na junção das paredes internas, pisos e tetos com o exterior das paredes, pisos e tetos como se pode ver na Figura 2.2 (ISO 9972, 2006).

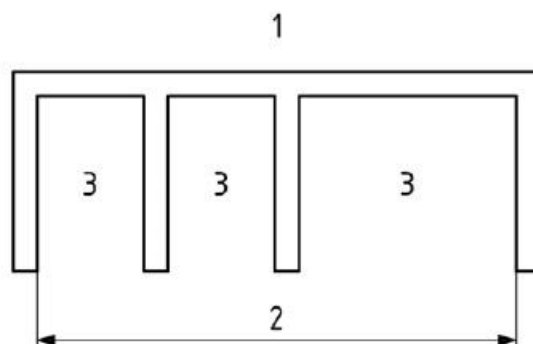


Figura 2.2- Quantificação da área envolvente: 1- Exterior; 2- Tamanho global; 3- Interior. [Adaptado da ISO 9972 (2006)]

A realização do ensaio da porta ventiladora permite obter indicadores como o RPH_{50} (h^{-1}), a uma pressão de 50 Pa, que relaciona o caudal infiltrado em $m^3 \cdot h^{-1}$ com o volume do espaço em m^3 onde se pode ver na expressão 2.1. O significado deste indicador é a quantidade de vezes que o volume do espaço é renovado em uma hora, a uma pressão de 50 Pa.

$$RPH_{50} = \frac{V_{50}}{V} \quad (2.1)$$

Para além do RPH_{50} existe outros indicadores a uma pressão de 50 Pa que podem ser comparados para avaliação de diferentes edifícios como o q_{50} e o w_{50} . O q_{50} expresso em 2.2, relaciona a razão entre o caudal e a área da envolvente A_E . O w_{50} demonstrado na expressão 2.3, relaciona o caudal com a área do pavimento A_F .

$$q_{50} = \frac{V_{50}}{A_E} \quad (2.2)$$

$$w_{50} = \frac{V_{50}}{A_F} \quad (2.3)$$

A estanquidade ao ar de um edifício pode ser avaliada relacionando o caudal (Q) com a diferença de pressão (Δp). A Lei da Potência, expressão 2.4, descreve essa equação:

$$Q = c(\Delta p)^n \quad (2.4)$$

Q - Caudal escoado, em m^3/h ;

c - Coeficiente de escoamento, em $m^3 / (h \cdot Pa^n)$;

Δp - Diferencial de pressão (Pa);

n - Expoente de escoamento.

Num gráfico log-log traçam-se os caudais através da envolvente do edifício e as diferenças de pressão correspondentes, tanto para pressurização e despressurização como indicado na Figura 2.3. Os dados são usados para determinar o coeficiente de escoamento de ar, C_{env} , e expoente de escoamento, n , de acordo com a expressão (2.5) (ISO 9972).

$$q_{env} = C_{env}(\Delta p)^n \quad (2.5)$$

Os parâmetros C_{env} e n devem ser calculados separadamente para pressurização e despressurização. Para que os resultados do ensaio sejam válidos no âmbito da ISO 9972, o n deve estar compreendido entre 0,5 a 1.

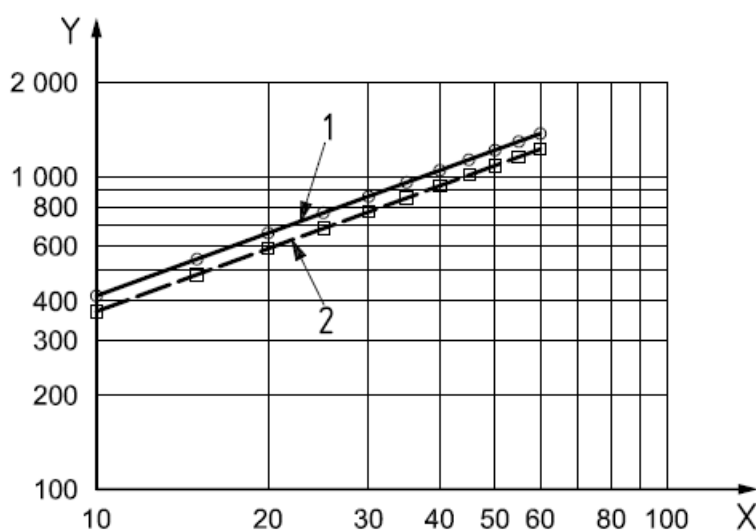


Figura 2.3- Exemplo de gráfico log-log conseguido em ensaios de pressurização e despressurização [Adaptado da ISO 9972 (2006)].

X- taxa de caudal de ar, expressa em metros cúbicos por hora

Y- Diferença de pressão, em pascal

1- Despressurização

2- Pressurização

Para obter o coeficiente de infiltração de ar, C_L [$m^3/(h \cdot Pa^n)$], é necessário corrigir o coeficiente de escoamento de ar, C_{env} , para as condições standard [(20±1)°C e 1,013·105 Pa] usando a expressão (2.6) para despressurização e (2.7) para pressurização (ISO 9972, 2006).

$$C_L = C_{env} \left(\frac{p_e}{p_0} \right)^{1-n} \quad (2.6)$$

$$C_L = C_{env} \left(\frac{p_{int}}{p_0} \right)^{1-n} \quad (2.7)$$

ρ_0 - A densidade do ar nas condições normais, em kg/m^3

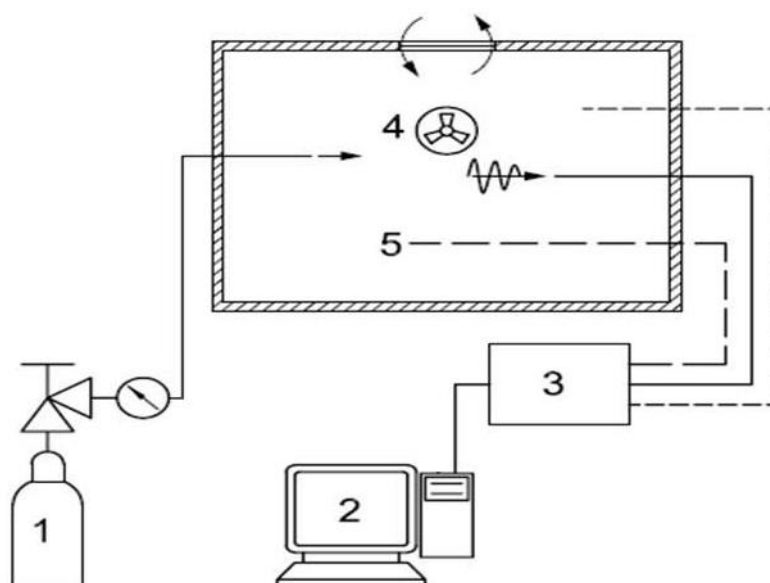
Por fim para calcular o caudal de infiltração q_L , depois de obter os valores do coeficiente de infiltração de ar C_L , usa-se a expressão (2.8) (ISO 9972).

$$q_L = C_L (\Delta p)^n \quad (2.8)$$

2.4. GÁS TRAÇADOR

2.4.1. APRECIACÕES INICIAIS

O ensaio do gás traçador consiste em introduzir um determinado gás num compartimento até uma certa concentração para que se possa analisar a sua evolução ao longo do tempo. Na Figura 2.4 apresenta-se uma visão geral do método do ensaio de gás traçador.



- | | |
|--|--|
| 1- Recolha de resultados | 7- Recolha de resultados |
| 2- Instrumento de medição da concentração de gás | 8- Instrumento de medição da concentração de gás |
| 3- Misturador do gás | 9- Misturador do gás |
| 4- Controlador da constituição do gás | 10- Controlador da constituição do gás |
| 5- Zona de medição | 11- Zona de medição |
| 6- Gás traçador para usar | |

Figura 2.4- Esquema do método de concentração do gás traçador [Adaptado da ISO 12569].

Existem duas abordagens diferentes para o método do gás traçador: uma técnica transiente que consiste em injetar gás até uma determinada concentração e obter variações dessa concentração ao longo do tempo; e a técnica permanente em que os ensaios são realizados de forma a manter uma concentração aproximadamente constante do gás ao longo do tempo.

2.4.2. PROPRIEDADES DOS GASES TRAÇADORES

Para que um gás se espalhe por um dado espaço tem de haver a deslocação do gás pelo ar por convecção, existindo uma difusão molecular do gás traçador com o ar. Para ser possível usar um gás traçador, este deve ter características como (Amaral, 2008):

- Facilmente detetável para existir boas medições;
- Possuir baixas concentrações em relação ar exterior e interior devendo estar minimamente abaixo das usadas nos ensaios;
- Não inflamável e não explosivo;
- Peso molecular aproximadamente idêntico ao do ar (peso molecular do ar igual a 29 g/mol) para garantir uma boa fusão com o ar;
- Não ser produzido nem adsorvido no espaço a ser testado, nem sofrer decomposição ou reagir com o ar ou componentes do edifício;
- Não ser dispendioso, não ser toxico de modo apor em risco a saúde das pessoas;
- Inodoro, insípido, incolor e ambientalmente inerte.

Nenhum gás satisfaz globalmente todos os requisitos acima mencionados. Assim, a utilização de um ou outro gás é função de vários condicionalismos, nomeadamente da sua facilidade de aquisição. Teoricamente, é indistinta a utilização de qualquer gás (Afonso C. 1986). Usualmente são usados cinco tipos de gases (Manuel,2008):

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Óxido nitroso ou protóxido de azoto (N₂O);
- Hexafluoreto de enxofre (SF₆);
- Perfluorobenzeno (C₆F₆), gás usado na técnica de injeção constante;
- Perfluorometilbenzeno (C₇F₈) gás usado na técnica de injeção constante.

Nos ensaios a executar posteriormente irá usar-se o gás hexafluoreto de enxofre. As propriedades químicas deste gás são apresentadas no

Quadro 2.1.

Quadro 2.1- Propriedades químicas do hexafluoreto de enxofre (adaptado de Amaral, 2008)

Nome	Formula química	Peso molecular (g/mol)	Densidade/ Densidade do ar	Concentração exterior (ppm)	Limite mínimo de deteção (ppm)	Limite de exposição permitido ^(a) (ppm)
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	146	5,1	0,85-1,5x10 ⁻⁶	0,005 ^(b)	1000
Notas:						
<ul style="list-style-type: none"> • a: Concentração máxima permitida nos locais de trabalho (8 horas de exposição); • b: Com detetor fotocacústico. 						

2.4.3. NORMALIZAÇÃO DO ENSAIO

A ISO 12569 (2012) descreve os procedimentos para realizar o ensaio dos gases traçadores. Na execução do ensaio deve-se usar uma concentração mínima de 100 vezes a concentração mínima detetável pelo equipamento (Roulet et al, 1991) e por questões de saúde é recomendado uma concentração máxima de um décimo do limite de exposição (ASTM E 741-00, 2000). Segundo a norma ISO 12569 (2012) deverão seguir-se algumas medidas:

- O tubo de recolha ou de injeção do gás só deve ter uma função;
- Deve-se esperar 2 ou 3 minutos após a injeção de gás, para deixar o gás concentrar-se uniformemente antes de iniciar o ensaio;
- A recolha do gás deve ser feita a meia altura e afastada de zonas de injeção e de janelas;
- Cada compartimento deve ter um ventilador rotativo atrás do tubo de injeção de gás, a rodar a baixa velocidade e direcionado para o centro, para garantir uma concentração mais homogénea do gás, com se apresenta na Figura 2.5;
- Medir a concentração de gás no compartimento antes da injeção de gás, caso seja necessário corrigir as medições.

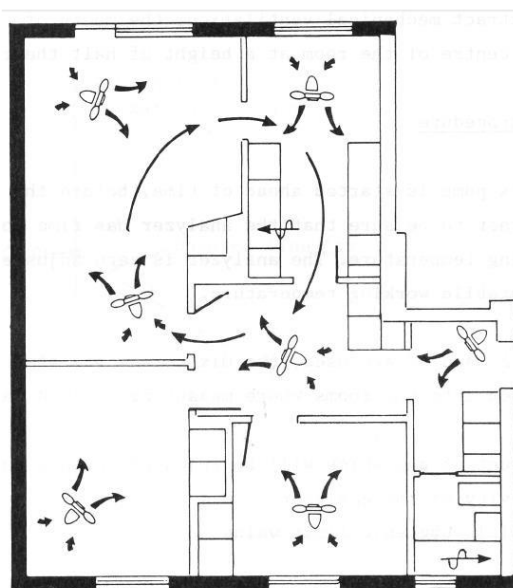


Figura 2.5- Esquema exemplo do posicionamento dos ventiladores (Maldonado, 1983).

2.4.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste trabalho, para a realização dos ensaios de gás traçador, utilizou-se a técnica do Declive, em que se injeta a quantidade de gás necessária no espaço em estudo com a ajuda de ventiladores cuidadosamente posicionados, garantindo uma concentração uniforme antes do início do ensaio. A renovação horária (RPH) obtém-se através do decaimento da concentração do gás ao longo do tempo. A desvantagem desta técnica é a curta duração do ensaio, sendo que a RPH é caracterizado apenas daquele intervalo de tempo.

Balanco de massa de ar para uma zona é expresso pela equação (2.9):

$$V \frac{dc(t)}{dt} = -qc(t) \Leftrightarrow c(t) = c_0 e^{-(q/V)t} \quad (2.9)$$

V- Volume efetivo da zona (m³);

c - Concentração em volume do gás traçador;

c₀- Concentração inicial em volume do gás traçador;

q- Caudal volúmico de ar exterior (m³/s).

Dedução equação (2.10):

$$c(t) = c_0 e^{-(q/v)t} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{c(t)}{c_0}\right) = -\frac{q}{v}t \Leftrightarrow \frac{\ln\left(\frac{c_0}{c(t)}\right)}{t} = \frac{q}{v} \quad (2.10)$$

Como:

$$\frac{q}{v} = RPH \quad (2.11)$$

Combinando a equação (2.10) com a (2.11), temos que o número de renovações horárias (equação 2.12):

$$RPH = \frac{\ln\left(\frac{c_0}{c(t)}\right)}{t} \quad (2.11)$$

Com a equação (2.11) é permitido retirar um gráfico que relaciona a concentração de gás do logaritmo neperiano com o tempo (equação 2.12). Neste gráfico ou chamada técnica do declive para o Método do Gás Traçador, conclui-se que esta é linear, em que o declive desta função é representado pela simétrica do número de renovações horárias, como se percebe na Figura 2.6.

$$\ln(c(t)) = -RPH + \ln(c_0) \quad (2.12)$$

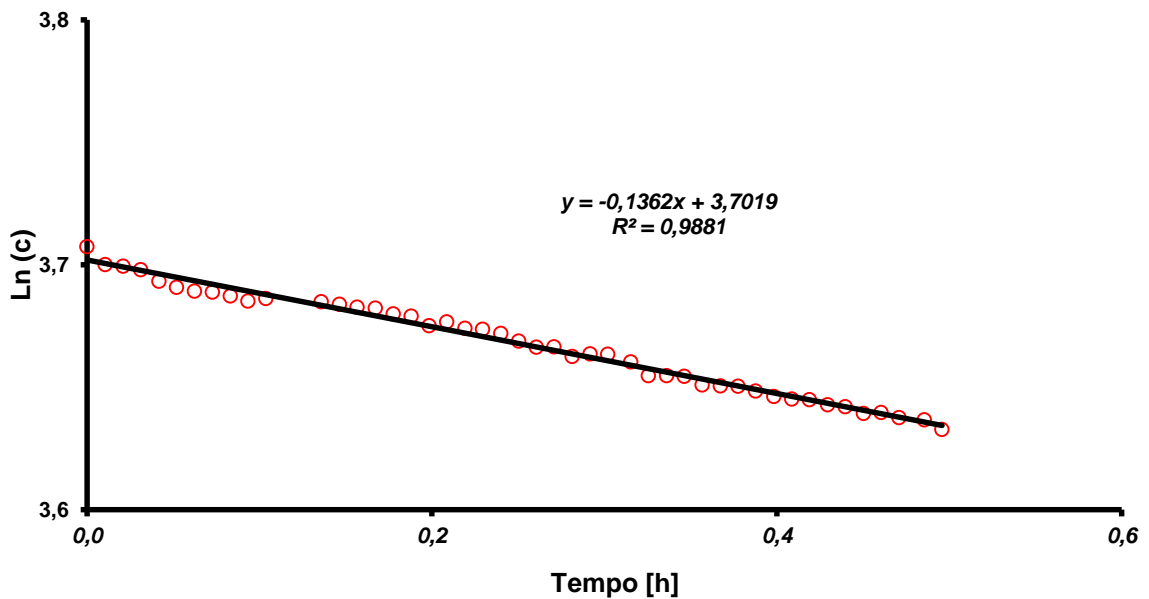


Figura 2.6- Gráfico representa a diminuição da concentração do gás em função do tempo.

2.5. RELAÇÃO ENTRE A ESTANQUIDADE E A VENTILAÇÃO

O método do gás Traçador e o ensaio da porta ventiladora são muito usados para determinar a taxa de infiltração de ar através de uma envolvente do edifício. O ensaio da porta ventiladora é realizado a diferenciais de pressão elevados, enquanto o método do gás traçador é realizado a pressões diferenciais perto de zero, o que reflete melhor a taxa de infiltração do ar em condições normais de utilização do edifício. Existe dois métodos para fazer esta extrapolação a partir do ensaio da porta ventiladora para o método do gás traçador.

O método simplificado relaciona o RPH_{50} obtido através do ensaio da porta ventiladora com os resultados do gás traçador, RPH_{nat} de acordo com expressão (2.13).

$$RPH = \frac{RPH_{50}}{20} \quad (2.13)$$

A desvantagem deste método é não ter em conta as características da envolvente do edifício em estudo e do próprio, como o vento e as diferenças de temperaturas ou como a sua altura e tamanho das fissuras. Por estes fatores torna-se um método bastante impreciso, sendo considerado por isso um método simplista (Rodrigues, 2013).

O *Lawrence Berkley Laboratory* (LBL) desenvolveu um método, utilizado nos Estados Unidos da América (EUA), mais preciso para calcular as renovações horárias a partir de caudais de infiltração a 50 Pa que tem em consideração alguns fatores, como por exemplo a altura da habitação (Quadro 2.2), o vento (Quadro 2.3) e a proteção da fachada ao vento (Quadro 2.4). Este método consiste em dividir o valor de RPH_{50} por um fator N, expressão (2.14) (Sherman, 1987).

$$RPH = \frac{RPH_{50}}{N} \quad (2.14)$$

O fator de correção N tem como definição a expressão (2.15).

$$N = C \times H \times S \times L \quad (2.15)$$

C- Fator climático em função da variação local anual das temperaturas e vento nos EUA, apresentado na Figura 2.7;

H- Fator de correção representativo da altura do edifício;

S- Fator de correção representativo da proteção ao vento;

L- Fator correção representativo do tamanho das fendas.

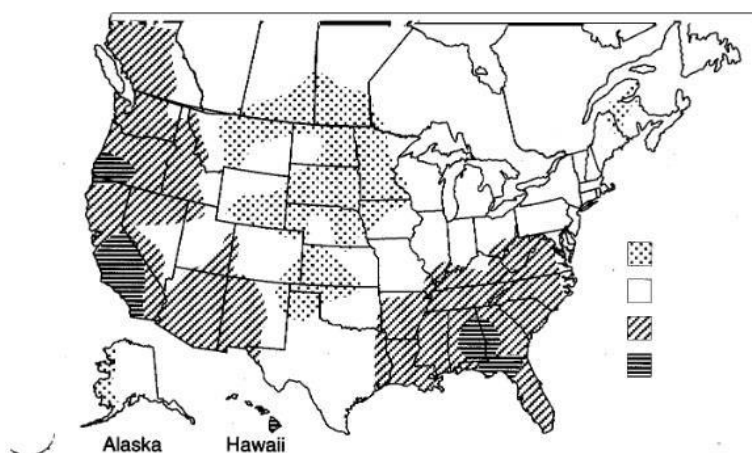


Figura 2.7- Variação das temperaturas e do vento nos EUA.

Quadro 2.2- Fatores de correção da habitação.

Número de pisos	1	1,5	2	3
Fator de correção, H	1	0,9	0,8	0,7

Quadro 2.3- Fatores de correção do vento.

Proteção do vento	Elevada	Normal	Exposta
Fator de correção, S	1,2	1	0,9

Quadro 2.4- Fatores de correção das fendas.

Tamanho das fendas	Pequenas	Normais	Grandes
Fator de correção, L	1,4	1	0,7

O valor de N pode variar entre 10 a 30, dependendo do tipo e da idade do edifício, da envolvente do edifício, das suas aberturas e também dos sistemas de ventilação adotados (Dubrul, 1988). Os fatores que influenciam o valor de N tem uma grande sensibilidade perante quem realiza o ensaio, sendo submetido a este intervalo de variedade. Este intervalo não se considera um problema se no ensaio da porta ventiladora se admitir que o ensaio é realizado com o objetivo (Rodrigues, 2013):

- Analisar a permeabilidade ao ar do edifício ou parte dele utilizando uma pressão especificada em projeto;
- Localizar a causa das fugas de ar e procurar quais são as suas causas;
- Analisar qual é a redução do escoamento de ar após obras de reabilitação.

3

PROCEDIMENTO DE ENSAIO

3.1. CASO DE ESTUDO

O apartamento em estudo localiza-se em Rio Tinto, no conselho de Gondomar. O edifício foi construído em 2002. O apartamento analisado situa-se no 8º andar e tem a tipologia T3, com um terraço na fachada noroeste e duas varandas voltadas a sudeste junto à sala e à suite 1 (Figura 3.1). Tem um volume de 306,8 m³ e um pé direito de 2,6 m. Apresentam-se na Figura 3.8 imagens do edifício, adaptadas do *Google maps*.

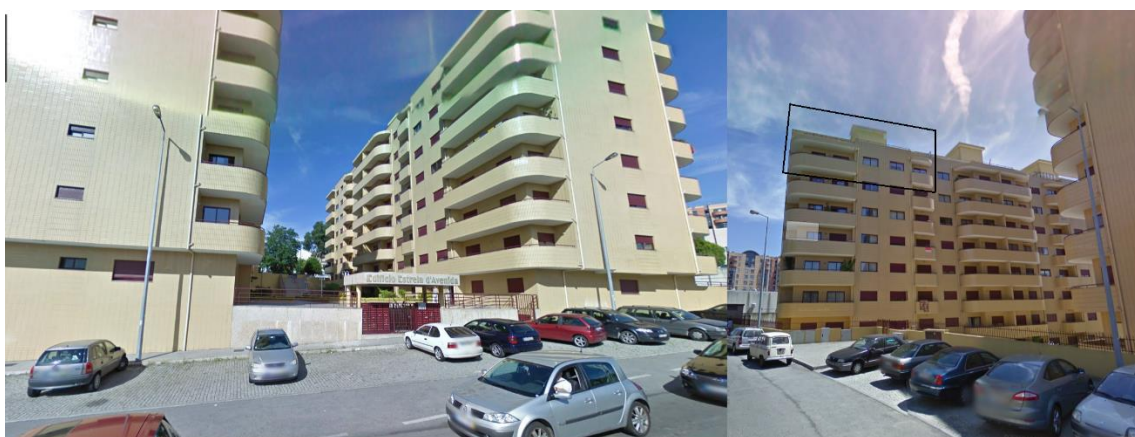


Figura 3.1- Imagem do edifício e do apartamento adaptado do Google Maps.

As portas interiores têm uma folga inferior de cerca de 1 cm, as janelas são de correr, não tendo todas o mesmo tamanho, as caixilharias são de alumínio e os estores são elétricos aplicados pelo exterior. Existe uma lareira na sala com a respetiva grelha, um extrator na cozinha com um caudal de extração fixo, duas grelhas com ligação direta ao exterior num anexo junto à cozinha separado por duas portas de correr e existem três grelhas nas três instalações sanitárias com extração mecânica contínua. De salientar que a habitação encontra-se atualmente desabitada. Apresentam-se na Figura 3.2 alguns exemplos dos elementos estudados após terem sido selados.



Figura 3.2- Exemplo de elementos do apartamento que provocam ventilação já selados.

3.2. METODOLOGIA

Na Figura 3.3 e no Quadro 3.1 indica-se a localização dos elementos avaliados (Preto-caixilharias; Vermelho- Grelhas e Verde- extrator) e as respetivas referências.

Quadro 3.1- Quadro com a nomenclatura dos elementos avaliados.

Caixilharia do quarto	C.1	Caixilharia da sala	C.4
Caixilharia da suite 2	C.2	Grelha da lareira da sala	G.4
Grelha da suite 2	G.2	Extrator da cozinha	E.5
Caixilharia da suite 1	C.7	Grelhas da cozinha	G.5
Grelha da suite 1	G.7	Grelha da instalação sanitária 2	G.6

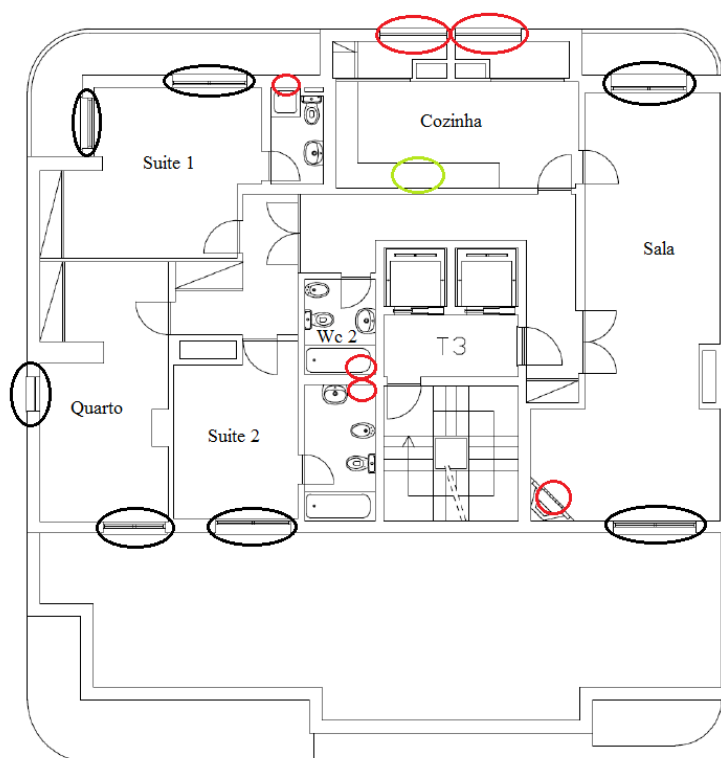


Figura 3.3- Planta com os elementos analisados. Preto- caixilharias; Vermelho- Grelhas e Verde- extrator.

3.3. PORTA VENTILADORA

3.3.1. CONDIÇÕES E CUIDADOS DE ENSAIO

No ensaio da porta ventiladora existem alguns aspetos que devem ser verificados para que o ensaio realizado seja considerado viável segundo a norma ISO 9972 (2006). Medição velocidade do vento deve ser inferior a 6 m/s, o produto da diferença de temperatura do ar interior com o exterior, expresso em graus Kelvin, multiplicado pelo pé-direito do edifício, expresso em metros, tem de ser inferior a 500 m·K e o edifício selado deverá estar sujeito uma diferença de pressão estática entre o interior e o exterior inferior a 5 Pa.

Relativamente aos procedimentos prévios, devem-se medir os volumes e áreas da fração em estudo, se existir sistema de AQS deve ser desligado, as ligações do interior para o exterior devem ser fechadas, como as janelas ou as portas e mover qualquer elemento solto que esteja perto da ação do ventilador. Dependendo do modelo de ensaio que se pretende realizar, deve-se cumprir as condições necessárias para o realizar. Por exemplo, no ensaio da porta ventiladora com tudo selado tem de existir o cuidado de selar aberturas existentes que ajudem a ventilação, desligar sistemas de climatização tal como qualquer elemento que ajude a circulação do ar e selar qualquer dispositivo com sifão que não possua água como lavatórios, bidés, banheira ou bacia de retrete.

3.3.2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

Para a realização do ensaio de porta ventiladora é necessário um conjunto de sete componentes essenciais (Figura 3.4):

- Ventilador (a): Que tem uma velocidade variável para ter a capacidade de pressurizar e despressurizar diferentes volumes;
- Medidor de pressão diferencial de dois canais (b);
- Caixilharia em metal (c): consegue garantir a estabilidade do equipamento e a selagem da abertura, fica montado no lado exterior da porta do compartimento ou fração a ensaiar;
- Painel em tecido estanque (d): que permita vedar a porta onde se instala o equipamento para criar uma barreira impermeável, com a existência de uma abertura para montar o ventilador;
- Anéis (e): para aplicar no ventilador com o objetivo de restringir o caudal;
- Controlador da velocidade do ventilador através de um *software* para alterar o fluxo de ar (f);
- Conjunto de tubos com sonda de pressão estática que são ligados a dispositivos de medição de pressão ou à ventoinha (g).



Figura 3.4- Imagem com todos os componentes do ensaio de porta ventiladora.

As características do equipamento usado, *Retrotec 1000*, para o ensaio da porta ventiladora encontram-se apresentadas no Quadro 3.2. Apresenta-se na Figura 3.5 o equipamento montado para a realização dos ensaios.

Quadro 3.2- Modelo Retrotec 1000.

Modelo Ventilador	Voltagem	Hz	C1	C2	C3	C4	C6	C8	B	A	Aberto
EU1000	240	50	Caudal máximo com pressão a 50 Pa por gama de anel [m ³ /h]								
			374	612	815	1053	1682	2209	4077	6116	8665
			Caudal mínimo com pressão a 50 Pa por gama de anel [m ³ /h]								
			85	167	247	320	500	683	1151	3342	6259
Incerteza			3%								



Figura 3.5- Imagem com o equipamento montado da porta ventiladora.

3.2.3. PLANEAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO

O Quadro 3.3 identifica os ensaios de porta ventiladora a realizados. As zonas seladas são apresentadas na Figura 3.3.

Quadro 3.3- Ensaio de porta ventiladora.

Ensaio	Compartimento	Condições fronteira	Código de ensaio
Porta Ventiladora	Quarto	C.1 seladas	PV1.1
		C.1 não seladas	PV1.2
	Suite 2	C.2 e G.2 seladas	PV2.1
		G.2 selada	PV2.2
		C.2 e G.2 não seladas	PV2.3
	Apartamento	Apartamento todo selado	PV3.1
		Apartamento com cozinha, sala selados	PV3.2
	Sala	G.4 selada	PV4.2
		C.4 e G.4 não seladas	PV4.3
	Cozinha	E.5selada	PV5.2
		E.5 e G.5 não seladas	PV5.3
	Suite 1	C.7 e G.7selada	PV7.1
		G.7 selada	PV7.2
		C.7 e G.7 não selada	PV7.3

3.2.4. ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO DO ENSAIO

Para a realização dos ensaios utilizou-se o software Fantestic, associado à norma EN13829(ano). Para cada novo ensaio é necessário introduzir diversos parâmetros, que permitem calcular os índices e resultados finais, de acordo com o indicado na Figura 3.6. Os parâmetros necessários são:

- *Altitude* (m) – Altura da habitação em relação ao nível do mar, que permite corrigir o caudal de ar escoado;
- *Altura do edifício acima do solo* (m) – É usado para obter o valor “altura” × “diferença de temperatura” que tem de ser inferior a 500 m°C para cumprir os requisitos da EN13829;
- *Exposição do edifício ao vento* – Deve ser escolhida a opção mais adequada de entre “Edifícios fortemente protegido”, “Edifício parcialmente protegido” e “Edifício fortemente exposto”;
- *Volume, V* (m³) – Volume da habitação é necessário para o cálculo das renovações horárias;
- *Área total envolvente, A_E* (m²) – Área da envolvente da habitação;

- *Superfície*, A_F (m²) – Área total interior de todos os espaços ou da área da fração em estudo;
- *Precisão das medidas do edifício* – A percentagem de incerteza no cálculo;
- *Pressão paramétrica* (kPa) – Usada para correção das densidades, o valor da norma EN13829 é de 101,325 Kpa;
- *Velocidade do vento* (Beaufort) – O valor que mais se adequa à velocidade do vento durante a realização dos ensaios. Realiza-se a medição do vento e depois converte-se para a escala de Beaufort;
- *Localização do operador* – Escolhe-se qual o ensaio que se pretende realizar, o ensaio de pressurização ou o ensaio de despressurização;

Altitude	200 m	Volume, V	46,4 m ³
Altura do edifício acima do solo	24 m	Área total envolvente, A _E	40,6 m ²
Exposição do edifício ao vento	Edifício fortemente exposto	Superfície, A _F	17,9 m ²
	Seleccione a exposição... Edifício fortemente protegido Edifício parcialmente protegido Edifício fortemente exposto	Precisão das medidas do edifício, + / -	2 %
Temperatura, inicial Interior 19,9 Exterior 20,3 C			

Figura 3.6- Variáveis do software Fantestic.

Antes da realização do ensaio propriamente dito é necessário fazer uma calibração prévia, que consiste em realizar leituras em condições de utilização para se avaliar qual os diferenciais de pressão entre o exterior e o interior com um fluxo de ar nulo. Só então se realizam as medições para diferenças de referência de 10, 20, 30, 40 e 50 Pa. Durante esta fase podem surgir duas situações em relação ao anel do ventilador: Se existir pressão insuficiente o *software* indica que é necessário trocar o anel para uma gama inferior, ou se existir pouca pressão, o software indica que o ventilador está a 100% é necessário trocar o anel para uma gama superior. No final do ensaio deverá repetir-se o procedimento de calibração. Só nessa altura são apresentados os resultados finais do V_{50} , RPH_{50} , q_{50} e w_{50} como se vê na Figura 3.7.

Correlação, r [%]	99,98	Limite de confiança de 95%			Calcular
Coefficiente de fluxo de ar, C_{env} [m ³ /h·Pa ⁿ]	16,436	14,99	18,02		Eliminar dados
Coefficiente de fluxo de ar, C_L [m ³ /h·Pa ⁿ]	16,431	14,99	18,01		Clear point...
Pendente, n	0,68718	0,66004	0,71433		

Dados de testes combinados

	Resultados	Intervalo de confiança de 95%		Incerteza
Fluxo de ar a 50 Pa, V_{50} [m ³ /h]	241,5	237,0	246,5	+/-2,0%
Modificação do ar a 50 Pa, n_{50} [/h]	5,210	5,060	5,355	+/-2,9%
Permeabilidade a 50 Pa, q_{50} [m ³ /h·m ²]	5,952	5,782	6,121	+/-2,9%
Fuga específica a 50 Pa, w_{50} [m ³ /h·m ²]	13,499	13,114	13,884	+/-2,9%

Figura 3.7- Resultados do software Fantestic.

3.4. GÁS TRAÇADOR

3.4.1. CONDIÇÕES E CUIDADOS DE ENSAIO

Tem de se ter em conta na preparação e execução dos ensaios a norma ISO 12569, aspetos que a obriga que se encontram referidos no capítulo 2. Quando se mede a taxa de fluxo de ar por infiltração num compartimento as portas internas devem ser fechadas durante o ensaio. Antes da execução do ensaio, tanto este seja realizado com condições seladas, ou não, deve-se medir os volumes e áreas da fração, se existir sistema de AQS desliga-lo. Tem de se determinar e registar as temperaturas internas e a temperatura exterior e velocidade do vento, em que estes valores foram retirados a partir de uma estação meteorológica localizada na varanda em frente ao Quarto.

Usou-se sempre duas ventoinhas no compartimento para haver sempre a mistura homogenia do gás, com o cuidado de deixar estas em pontos estratégicos para ajudar no objetivo. Ter o cuidado com o ponto de recolha de concentração de gás, para que este não esteja próximo de nenhum elemento que provoque ventilação para não influenciar os resultados. Dependendo do ensaio que se vai executar, tem de se cumprir as condições dele, condições de tudo selado ou um elemento selado ou nada selado. Ter o cuidado antes de cada ensaio proceder a uma verificação se a selagem dos elementos não descolou e durante o ensaio, em que as pessoas se encontram no interior do compartimento, realizar a mesma verificação. Como o gás nos ensaios é libertado manualmente a partir da abertura da garrafa que contem o gás, tem de se ter o cuidado de ligar uma ventoinha e libertar este durante uns cinco segundos em direção a esta para ajudar a homogeneizar o gás no espaço. Antes do início de cada ensaio mede-se dois ou três pontos de concentração de gás para confirmar que a concentração de gás é nula para não influenciar os resultados. No final de cada ensaio para que a concentração de gás no compartimento volte a ser nula mais rapidamente deve-se abrir as portas internas e se possível algumas janelas no compartimento para provocar uma maior ventilação do espaço.

3.4.2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

O equipamento usado para a realização do ensaio de gás traçador é constituído por (Figura 3.8):

- Ventoinhas (a), que servem para homogeneizar o ar do compartimento;
- Analisador da concentração de gás (b), que permite retirar os valores da concentração do gás em relação a um intervalo de tempo;
- *Software* “1312 PC” (c), que permite retirar e analisar os valores do analisador durante o ensaio;
- Tubagens (d), que possibilitam a recolha e transporte do gás até ao analisador e a sua eliminação;
- Garrafa de SF₆ (e).



Figura 3.8- Imagem com todos os componentes do ensaio de gás traçador.

Para a montagem do equipamento do gás traçador, primeiro liga-se as ventoinhas na velocidade mais elevada e coloca-se estas em sítios estratégicos para depois poder haver uma boa homogeneização do ar, seguidamente coloca-se a tubagem do ponto de extração no lugar pretendido, a meia altura e longe de qualquer elemento que provoque ventilação com a ajuda de um suporte em madeira, esta tubagem vai permitir transferir o gás desde o ponto de extração até ao analisador *Innova* com a referência 1312. No analisador coloca-se mais uma tubagem para permitir extrair o gás que foi recolhido e posteriormente analisado. Proceda-se a ligação do analisador com o computador através do cabo do analisador e um adaptador usb para ligar no computador, em que neste para o software realizar o ensaio é necessário uma chave, esta chave é uma peça que liga a uma entrada existente no computador. Por último é ligado o analisador a um dispositivo elétrico UPS que o protege contra possíveis falhas de eletricidade e só depois este dispositivo é ligado à corrente elétrica. Apresenta-se Figura 3.9 o equipamento todo montado.

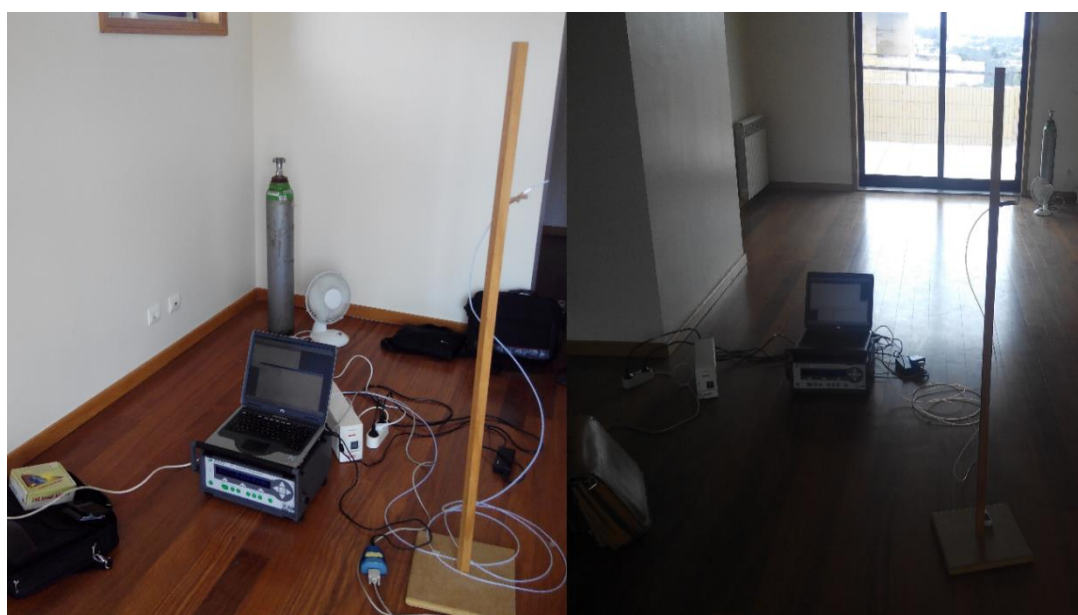


Figura 3.9- Imagem com o equipamento montado do gás traçador.

3.4.3. PLANEAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO

O Quadro 3.4 identifica os ensaios de gás traçador realizados. As zonas seladas são apresentadas na Figura 3.3.

Quadro 3.4- Ensaio de gás traçador.

Ensaio	Compartimento	Condições fronteira	Código de ensaio
Gás traçador	Quarto	C.1 seladas	GT1.1
		C.1 não seladas	GT1.2
	Suite 2	C.2 seladas	GT2.1
		G.2 selada	GT2.2
		C.2 e G.2 não seladas	GT2.3
	Sala	C.4 e G.4 seladas	GT4.1
		G.4 selada	GT4.2
		C.4 e G.4 não seladas	GT4.3
	Cozinha	E.5 e G.5 seladas	GT5.1
		G.5 seladas	GT5.2
		E.5 não seladas	GT5.3
	Suite 1	C.7 e G.7 selada	GT7.1
		G.7 selada	GT7.2
		C.7 e G.7 não selada	GT7.3

3.4.4. ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO DO ENSAIO

Depois de se ter o equipamento todo montado e as condições pretendidas estarem instituídas no compartimento em análise pode-se dar início ao ensaio. Existe dois ensaios que se podem realizar, libertar uma quantidade de gás e medir o decaimento durante um período de tempo ou durante um período de tempo medir a quantidade de gás necessária para manter uma certa concentração. Nos ensaios realizados a realizar vai usar-se o primeiro método, logo só este será explicado com mais detalhe. Este método necessita de um programa instalado no computador que se chama 1312 PC *software* que segue a norma 12569.

Antes de se libertar o gás para o espaço é preciso preparar o programa no computador para o ensaio. Para isso é necessário fazer alguns passos:

- Abrir no programa o menu de tarefas e clicar em nova tarefa de medição;
- Gravar o ensaio com o nome desejado;
- Clicar na barra de menus na opção sequencia e em seguida em configurações;
- Selecionar qual é o gás que se vai ensaiar, o filtro A e clicar na opção de filtro de água;
- Selecionar rápido na opção de amostra de integração temporal;
- Certificar que não existe nenhum alarme ligado e clicar em OK;

- Ir de novo a barra de menus e clicar em começar, irá aparecer a janela para começar a medição;
- Selecionar a opção novo e clicar em OK, o ensaio irá começar;
- Para ir monitorizando o ensaio e neste caso a curva de declive clicar no menu de barras em *Window* e clicar em nova janela de gráfico;
- Irá então aparece a janela onde é exibida a concentração de gás em função do tempo;
- Clicar na barra de menu em editar e em seguida em *Window Properties*;
- Nesta janela tem se a opção de escolher as unidades a cor da linha e a escala do gráfico;
- Por último para parar o ensaio ir a barra de menus e carregar em sequência e depois em parar.

Este processo é realizado para todos os ensaios, é de lembrar que existe situações em que é realizado dois ensaios no mesmo gráfico, ou seja no mesmo gráfico decaimento de gás, isto para se poder poupar gás. A diferença deste para um que só tenha um ensaio no mesmo gráfico é apontar sempre as horas do início e do fim de cada ensaio.

Os dados do ensaio são reservados no programa e na pasta onde se gravou o ficheiro. Este ficheiro “.txt” é apresentado num bloco de notas e então é passado para um ficheiro Excel. Esta transformação é realizada numa folha de Excel em que se insere o bloco de notas através da opção no Excel de inserir dados em forma de texto. Tem de se ter o cuidado de colocar estes dados em 5 colunas quando se insere no Excel, uma para a data do ensaio, três para as horas, minutos e segundos e uma para a concentração de gás. Depois de se ter estes dados copia-se as três colunas do tempo e a coluna de concentração para uma tabela já formatada, em que o tempo passa a ser um valor único em unidades de hora, que depois realiza-se os deltas do tempo das medições entre as concentrações de gás. Na coluna de concentração os valores são transformados para um valor do logaritmo natural do valor da concentração, este logaritmo no gráfico da curva do declive vem em função do delta h. Os valores da concentração a selecionar no gráfico são influenciados pela correlação destes, ou seja, pode não se selecionar os primeiros valores para ter uma maior correlação. Por fim retira-se as renovações horárias a partir do declive da linha de tendência traçada, e depois o caudal através da multiplicação das renovações horárias pelo volume.

4

RESULTADOS

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1.1. EXPLICAÇÃO INICIAL DOS ENSAIOS

A campanha experimental decorreu durante o mês de Maio de 2015, nos dias 7, 8 e 14 do respetivo mês, tendo-se realizado um total de 28 ensaios. Inicialmente procedeu-se à selagem dos elementos construtivos que se pretendiam estudar. Todos os dias antes da realização dos ensaios verificava-se a selagem de todos os elementos e procedia-se ao reforço, se necessário, dos elementos que se tivessem descolado. Foi instalada uma estação meteorológica na varanda do apartamento para o registo da temperatura, da humidade relativa e da velocidade e direção do vento. No interior do apartamento foi registada a temperatura com recurso a um data-logger portátil (HOBO UX100). Não houve condições extremas em termos ambientais durante os ensaios. Durante a execução dos ensaios procedeu-se ao levantamento geométrico do apartamento com apoio do medidor a laser. Os equipamentos utilizados estão representados na Figura 4.1. O nome de cada divisão encontra-se na planta do apartamento que foi adaptada da existente dissertação de Carneiro (2014) e a nomenclatura adotada para cada divisão encontra-se na Figura 3.3.



Figura 4.1- Esquerda: Estação meteorológica; Direita superior o medidor de laser e inferior HOBO UX100.

4.1.2. RESULTADOS DO ENSAIO COM GÁS TRAÇADOR

Para cada ensaio foi feita uma ficha com os dados relevantes, em que se encontram todas em Anexos 1, apresenta-se a seguir como exemplo uma ficha de ensaio, do ensaio GT1.1, na Figura 4.2.

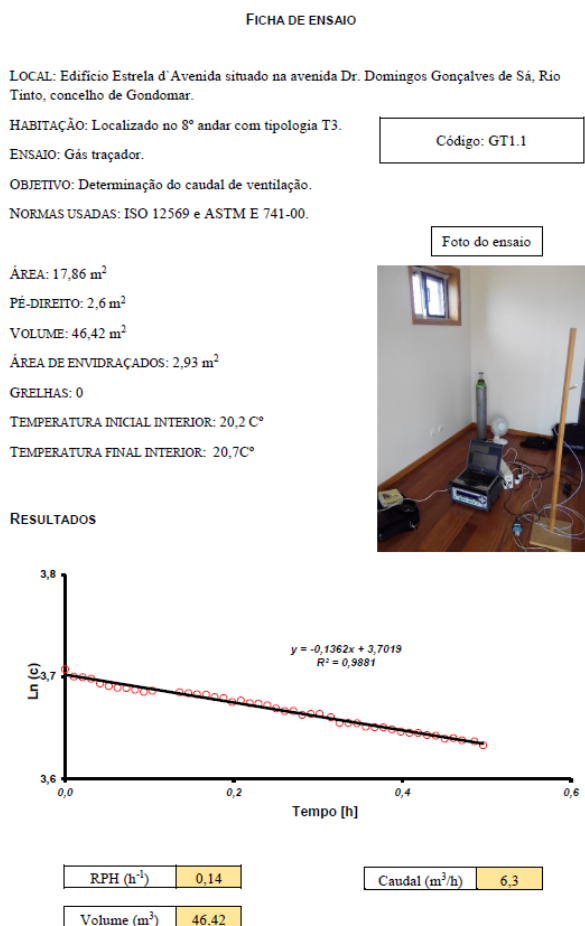


Figura 4.2- Exemplo de ficha de ensaio do gás traçador, GT1.1.

Apresenta-se como exemplo um gráfico do ensaio GT7.3 na seguinte Figura 4.3. O ensaio é referente à suite 1 e foi realizado com tudo desselado, correspondendo ao ensaio em que se obteve um valor de R² mais elevado (R²=0,9881).

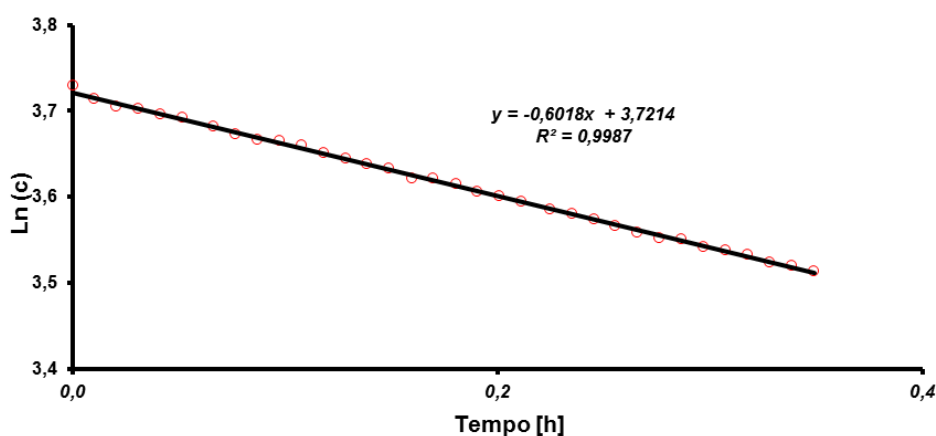


Figura 4.3- Gráfico da concentração de gás em função do tempo do ensaio de gás traçador GT7.3.

O Quadro 4.1 sintetiza os resultados de todos os ensaios realizados, quer em termos de renovações horárias, quer de caudais de ventilação. É, ainda, indicado o volume de cada compartimento. Também se apresenta graficamente na Figura 4.4 os valores de todas as renovações horárias e na Figura 4.5 os valores dos respetivos caudais de ventilação.

Quadro 4.1- Quadro dos valores obtidos nos ensaios de gás traçador.

	Volume m ³		RPH (h ⁻¹)	Caudal (m ³ /h)
Quarto	46,4	C.1 selada	0,1	6,3
		C.1 não selada	0,3	15,4
Suite 2	30,7	C.2 e G.2 seladas	0,3	7,7
		G.2 selada	0,2	6,4
		C.2 e G.2 não seladas	1,6	49,6
Sala	92,7	C.4 e G.4 seladas	0,2	19,3
		G.4 selada	0,2	17,1
		C.4 e G.4 não seladas	0,1	11,3
Cozinha	45,6	E.5 e G.5 seladas	0,6	28,3
		G.5 seladas	0,5	24,1
		E.5 e G.5 não seladas	2,0	90,1
Suite 1	45,9	C.7 e G.7 seladas	0,4	17,0
		G.7 selada	0,3	13,9
		C.7 e G.7 não seladas	0,6	27,6

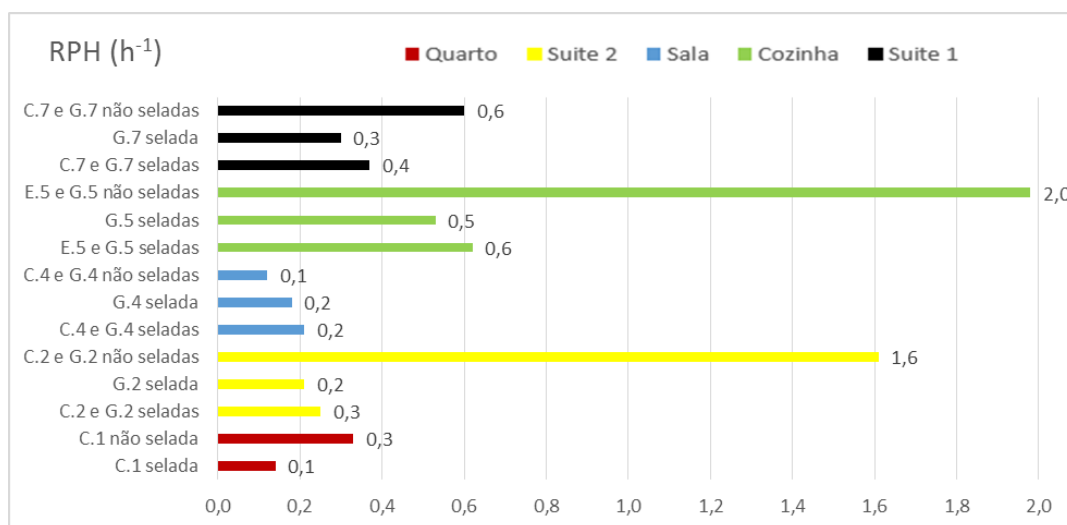


Figura 4.4- Resultados de todas as renovações horárias do Gás Traçador.

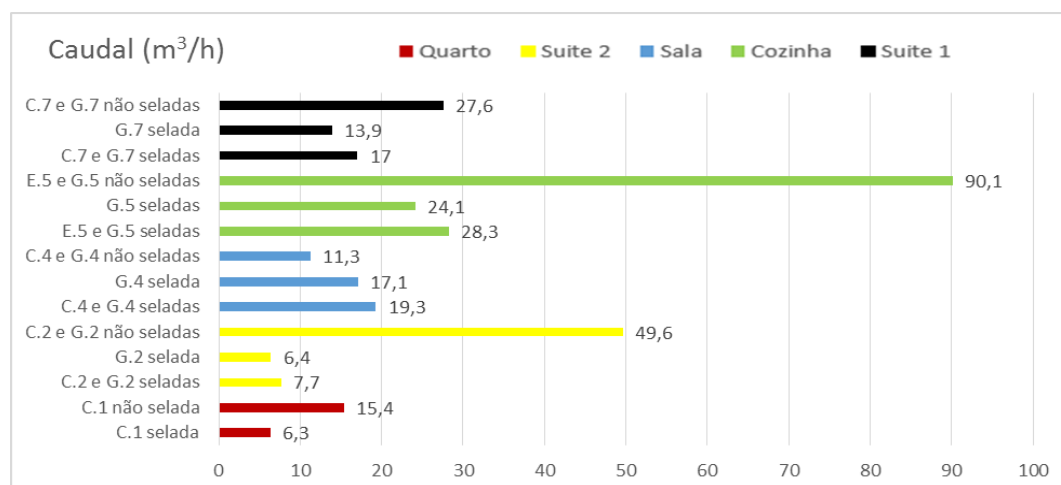


Figura 4.5- Resultados de todos os caudais do Gás traçador.

4.1.3. RESULTADOS DA PORTA VENTILADORA

No ensaio da porta ventiladora é tido em conta a variável da pressão do espaço em estudo e do fluxo de ar nesse espaço, retirados diretamente do programa *fantestic* que recolhe os dados através da ligação do computador onde se encontra o programa e o equipamento da porta ventiladora. Os dados são apresentados no programa mal o ensaio termine sendo o mais importante os cinco pontos do fluxo de ar em função da pressão do edifício (o programa aponta para a recolha dos caudais para valores de pressão perto dos 10, 20, 30 40 e 50 Pa) e os dados que calcula com os dados recolhidos, o V_{50} , Rph_{50} , q_{50} , w_{50} , C_{env} , C_L , expoente de escoamento e a correlação, todos estes dados são calculados através das fórmulas apresentadas no capítulo 2, é apresentado um exemplo destes valores do ensaio PV1.1_despressurização no Quadro 4.2. Estes dados foram

todos transportados para Excel para depois serem trabalhados, tais dados são apresentados nas fichas de ensaio que se encontram em Anexos 2. Na ficha de ensaio encontram-se outras informações como a caracterização do espaço em que decorreu o ensaio (volume, área, pé-direito, altura do edifício e elevação), a exposição ao vento, quantidade de grelhas, temperatura inicial e final no interior e no exterior do edifício, a verificação das condições regulamentares necessárias à validação do ensaios e os resultados do ensaio. Uma ficha de ensaio é apresentada na Figura 4.6 que apresenta o ensaio PV1.1_despressurização.

Quadro 4.2- Exemplo de valores obtidos num ensaio de porta ventiladora.

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	241,50		2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
$R_{ph_{50}}$ (h ⁻¹)	5,210		2,9%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	5,952		2,9%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	13,499		2,90%	r (%)

. O objetivo dos ensaios realizados da porta ventiladora são de obter valores para analisar:

- Avaliar a permeabilidade das caixilharias existentes em todos os compartimentos;
- Avaliar o impacto das grelhas mecânicas de extração, da grelha da lareira e das que estão diretamente ligadas com o exterior (situadas na cozinha);
- Avaliar o efeito do extrator existente na cozinha;
- Comparar com os resultados dos ensaios do gás traçador;
- Comparar com os resultados publicados na dissertação de Carneiro (2014).

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d'Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Código: PV1.1

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m²

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m²

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 46,42 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 40,6 m²

ÁREA ÚTIL: 17,86 m²

GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 19,9 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,3 C°

Altura do edifício × Δt = 9,6 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,3 C°

RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	92,77	138,1	182,8	212,3	239,8
Pressão do Edifício (Pa)	-11,2	-21	-31,4	-41	-48,5

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,42	1,76	1,72	1,93	1,34	1,38	1,45	1,06	1,37	1,83
ΔP ₀₂₋	1,53	ΔP ₀₂₋	0,0	ΔP ₀₂₋	1,53					
Pressão Diferencial final (Pa)	1,09	0,92	1,46	1,30	0,79	1,18	0,67	0,69	0,93	0,94
ΔP ₀₂₋	1,0	ΔP ₀₂₋	0,0	ΔP ₀₂₋	1,0					
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	18,3	37,8	63,3	83,6	104,9					



Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza		Coefficiente de escoamento de ar
V ₅₀ (m ³ /h)	241,50	2%	C _{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)	16,436
Renovações por hora			Coefficiente de infiltração de ar	
Rph ₅₀ (h ⁻¹)	5,210	2,9%	C _i (m ³ /h.Pa ⁿ)	16,431
Razão entre caudal escoado e área da envolvente			Expoente de escoamento	
q ₅₀ (m ³ /h.m ²)	5,952	2,9%	n (-)	0,687
Razão entre caudal de ar escoado e área útil			Correlação	
w ₅₀ (m ³ /h.m ²)	13,499	2,9%	r (%)	99,98

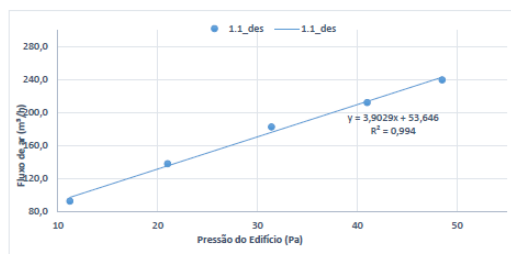
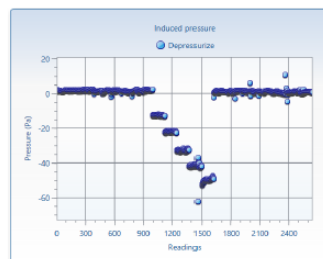


Figura 4.6- Exemplo de ficha de ensaio da porta ventiladora, ensaio PV1.1_des.

Na Figura 4.7 apresenta-se um exemplo de um gráfico do ensaio PV1.2_des. Procedeu-se a análise destes gráficos individualmente em cada compartimento: no quarto, na suite 2, na sala, na cozinha, na suite 1 e no apartamento em geral.

A partir das equações da reta consegue-se prever resultados para além daqueles que foram utilizados e utilizando resultados de ensaios sucessivos é possível obter as curvas de permeabilidade dos elementos construtivos, separadamente para depressurização e para pressurização. Por exemplo, para se determinar a curva de permeabilidade da caixilharia do quarto em depressurização, faz-se o diferencial de caudais de ar entre o ensaio PV1.2_des e o PV1.1_des, utilizando-se as respetivas equações de permeabilidade ao ar. A mesma metodologia foi adotada para determinar a permeabilidade global, correspondente à média entre os valores de pressurização e de depressurização.

Um exemplo do gráfico da curva de permeabilidade global é apresentado na Figura 4.8, relativo à permeabilidade da caixilharia do quarto.

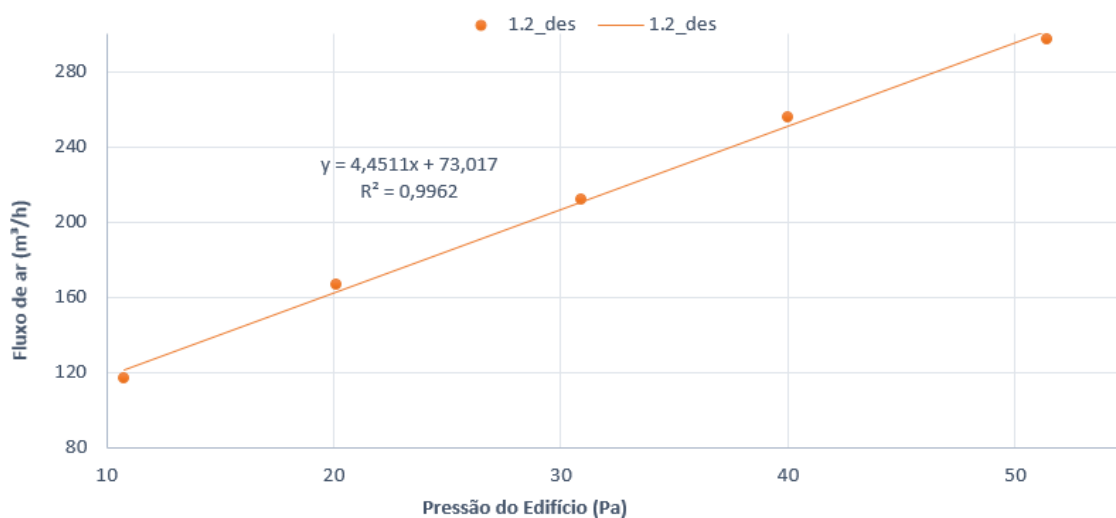


Figura 4.7- Gráfico exemplo do fluxo de ar em relação a pressão do edifício do ensaio PV1.2_des.

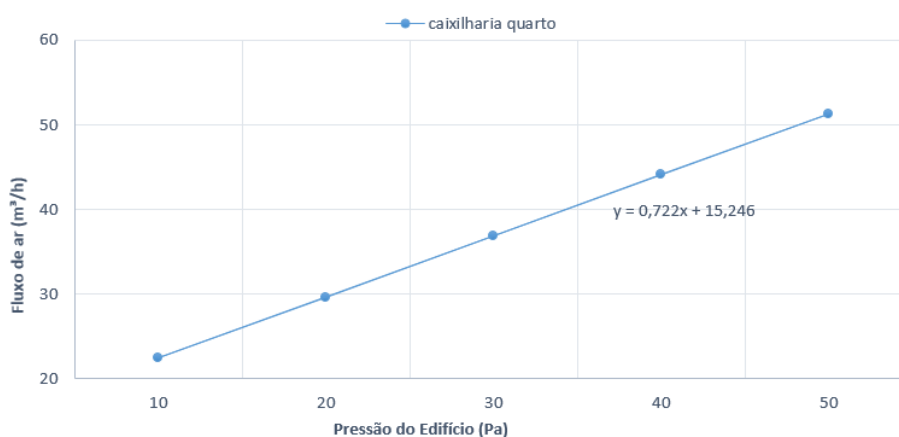


Figura 4.8- Gráfico de permeabilidade global da caixilharia do quarto.

Todas as fichas de ensaio e todos os gráficos de permeabilidade e permeabilidade global, com os respetivos pontos, são apresentados no Anexos 2.

Os valores do Rph50 apresentam-se resumidos graficamente na Figura 4.9 (média de pressurização e despressurização) e na Figura 4.10 encontram-se os respetivos valores obtidos no ensaio de despressurização e de pressurização.

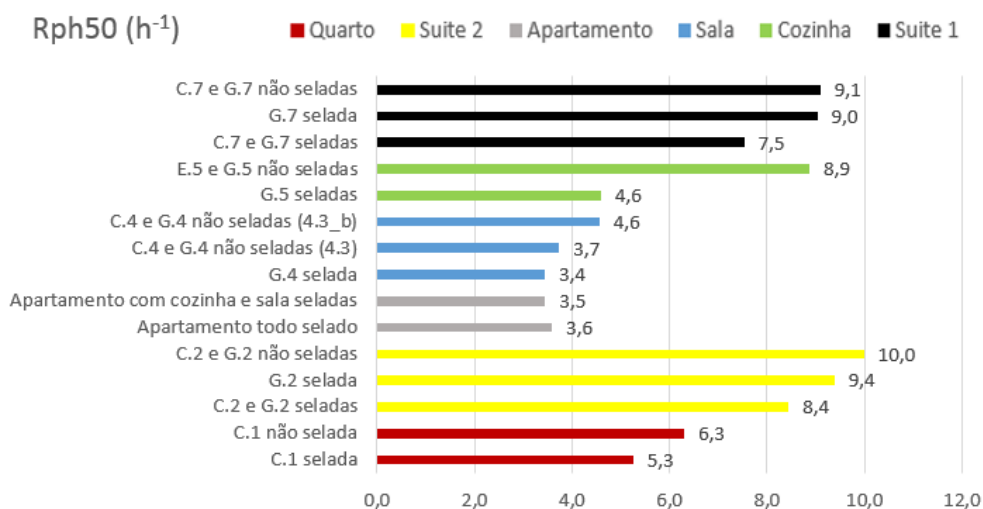


Figura 4.9- Gráfico com todos os resultados dos Rph50 da Porta Ventiladora.

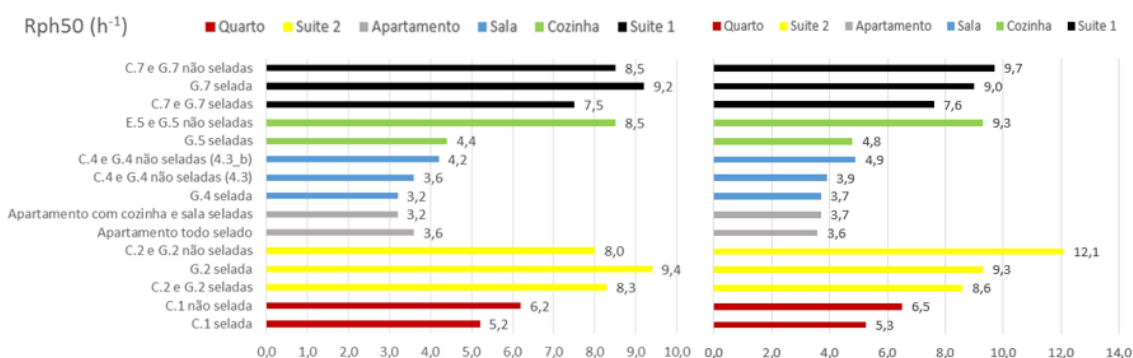


Figura 4.10- Gráfico com todos os Rph50 de Porta Ventiladora. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.

4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.2.1. GÁS TRAÇADOR

Na Figura 4.11 mostra os resultados dos ensaios do gás traçador, por compartimento, com a envolvente desselada e com a porta fechada. O valor do caudal de ventilação foi dividido por dez para se conseguir uma melhor visualização dos resultados.

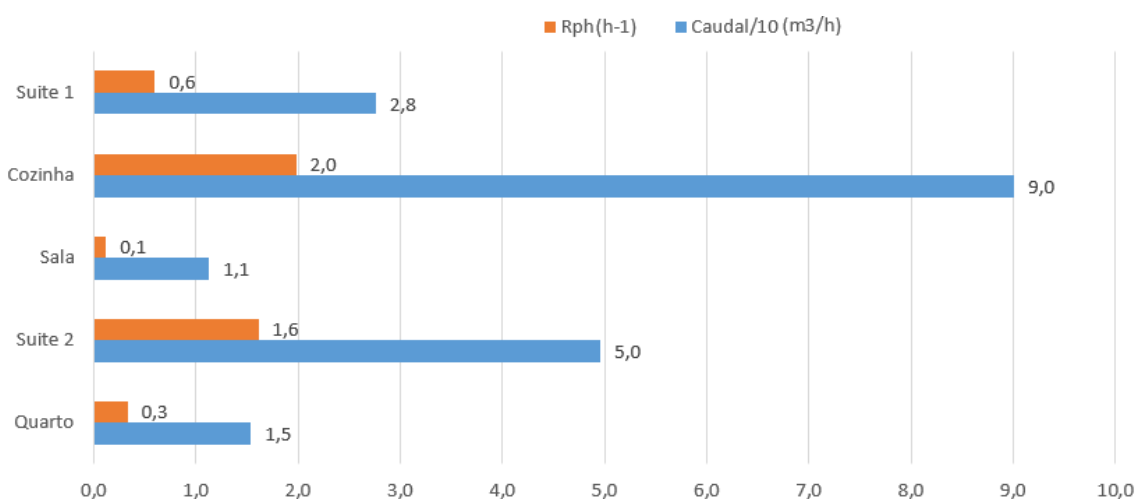


Figura 4.11- Resultados do Gás Traçador das renovações horárias e dos caudais de todos os compartimentos.

De salientar que estes valores correspondem a uma situação de porta fechada dos compartimentos, se esta se encontrar aberta o caudal de ventilação seria obviamente superior e provocava consequentemente que as renovações horárias aumentassem. No quarto e na sala o valor do Rph é de $0,33 \text{ h}^{-1}$ e $0,12 \text{ h}^{-1}$, respetivamente. O compartimento mais estanque do apartamento é a sala com um caudal de $11,3 \text{ m}^3/\text{h}$ e o menos estanque a cozinha com o caudal de $90,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Na interpretação dos resultados achou-se importante proceder a comparação de todas as caixilharias e de todas as grelhas juntamente com o extrator. Não se apresenta um gráfico com as renovações horárias e os caudais de todas as caixilharias porque os valores são bastante baixos e considerando a própria incerteza associada ao ensaio, não foi possível avaliar o efeito das caixilharias. Apresenta-se um gráfico das grelhas juntamente com o extrator, na Figura 4.12, o caudal é dividido por dez para ter uma melhor visualização dos resultados em termos de escala. Estes valores foram retirados a partir da diferença entre caudais, por exemplo, para retirar os valores da caixilharia do quarto, a diferença entre o caudal do ensaio GT1.2 quando a caixilharia estava desselada e do ensaio GT1.1 quando a caixilharia estava selada, permite retirar o caudal que a caixilharia ajuda a drenar. Depois através deste caudal e do volume do quarto, retira-se o Rph uma vez que este é igual ao caudal a dividir pelo volume. O mesmo procedimento foi feito para os restantes elementos.

As caixilharias são todas iguais mas de diferentes dimensões, a caixilharia no quarto tem um caudal de $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$ e um Rph de $0,20 \text{ h}^{-1}$. Este valor elevado, tem a ver com um possível problema de construção, uma vez que na altura de selar este envidraçado reparou-se que as portas de vidro de correr encontravam-se com mais folgas que o normal e que em relação as outras, tanto que não

se conseguia colocar o botão de fecho desta porta de correr até ao fim. Logo este valor de renovações horárias e caudal foi o comprovado do que já se esperava.

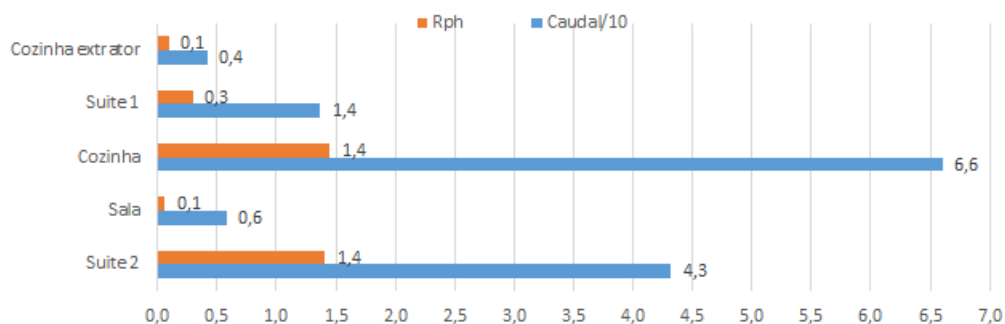


Figura 4.12- Resultados do Gás traçador das renovações horárias e os caudais das grelhas e do extrator.

Comparou-se os resultados da dissertação de Carneiro (2014) com os ensaios efetuados no mesmo local e nas mesmas condições, ou seja, com a porta fechada e tudo desselado. Essa comparação está sintetizada no Quadro 4.3. As diferenças, com exceção da cozinha, são reduzidas, e como o ensaio do gás traçador tem uma incerteza de 10%, pode-se afirmar que os resultados são idênticos. Na cozinha a diferença é mais notória. No entanto, nos ensaios realizados anteriormente neste compartimento as portas de correr que separam a cozinha da marquise estavam fechadas, existindo apenas uma folga na parte inferior destas portas. Logo é normal que os ensaios realizados agora, com essas portas abertas, conduzam a resultados de caudal de ventilação bastante superiores.

Quadro 4.3- Quadro com a comparação dos caudais e renovações horárias de Carneiro (2014).

	Carneiro (2014)					
	RPH (h ⁻¹)	Caudal (m ³ /h)	RPH (h ⁻¹)	Diferença (h ⁻¹)	Caudal (m ³ /h)	Diferença (m ³ /h)
Quarto	0,33	15,4	0,18	0,2	8,0	7,4
Sala	0,12	11,3	0,18	-0,1	17,2	-5,9
Cozinha	1,98	90,1	1,05	0,9	40,6	49,5
Suite 1	0,6	27,6	0,56	0,0	24,5	3,1

4.2.2. PORTA VENTILADORA

Na Figura 4.13 mostra os resultados globais dos ensaios com porta ventiladora, por compartimento e para o apartamento, com a envolvente desselada. Na Figura 4.14 apresentam-se

os resultados separadamente para o ensaio de pressurização e para o de despressurização. O valor do caudal de ventilação para uma diferença de pressão de 50 Pa (Rph_{50}) foi dividido por cem para se conseguir uma melhor visualização dos resultados.

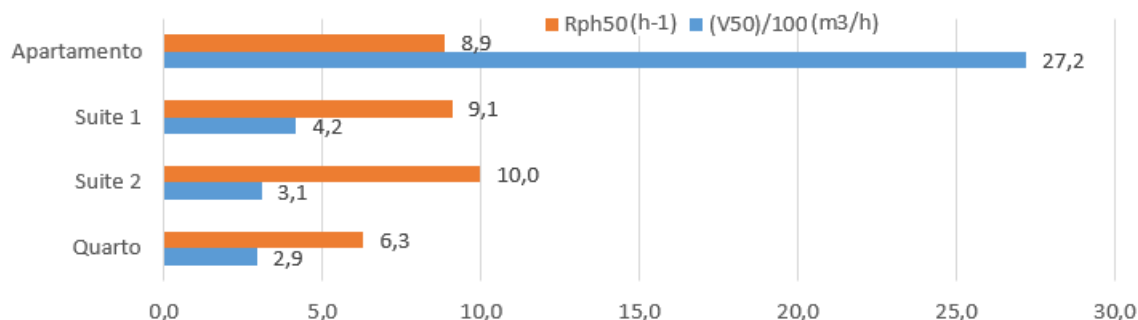


Figura 4.13- Resultados da Porta Ventiladora das renovações horárias e dos caudais de todos os compartimentos.

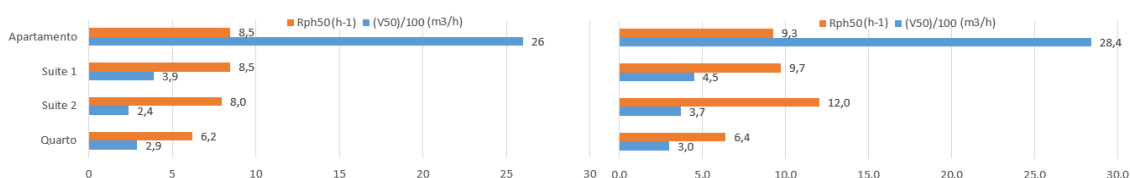


Figura 4.14- Gráfico com os Rph50 e os caudais de despressurização à direita e pressurização à esquerda dos compartimentos e do apartamento.

Este efeito da grelha é bastante notório quando se compara o ensaio de pressurização para o de despressurização, isto porque a grelha ao retirar o ar ajuda bastante o ensaio de despressurização, elevando o Rph_{50} e diminuindo este no ensaio contrário. A partir desta análise permite de novo comprovar tal como nos ensaios de gás traçador que na suite 2 a grelha esta a funcionar a uma velocidade maior que na suite 1.

O apartamento com um Rph_{50} de $8,9 \text{ h}^{-1}$ é classificado como um apartamento estanque segundo os estudos realizados por Liddament e Wilson (1991), o estipulado pela EN ISO 13790:2004 indica que para valores de Rph_{50} entre 4 e 10 h^{-1} os edifícios devem ser classificados com a estanquidade da envolvente média.

A Figura 4.15 mostra a contribuição das caixilharias para a permeabilidade dos compartimentos, obtida por diferença entre os resultados de ensaios sucessivos com o elemento selado e desselado, na Figura 4.19 mostra-se o mesmo em relação as grelhas. Na Figura 4.16. Em ambas, trata-se de resultados para uma diferença de pressão de 50 Pa, na Figura 4.20 apresenta-se o mesmo em relação as grelhas. Na Figura 4.17 mostram-se as curvas de permeabilidade de cada caixilharia, na Figura 4.21 mostra-se o mesmo para as grelhas e o extrator. Como a grelha da cozinha tem

valores elevados e para uma melhor visualização, apresenta-se a sua curva no gráfico da Figura 4.23. Na Figura 4.18 apresentam-se os resultados das curvas de permeabilidade separadamente para o ensaio de pressurização e o de despressurização e apresenta-se o das grelhas na Figura 4.22. O valor do Rph_{50} é multiplicado por dez para ajudar a visualização do gráfico em relação a escala.

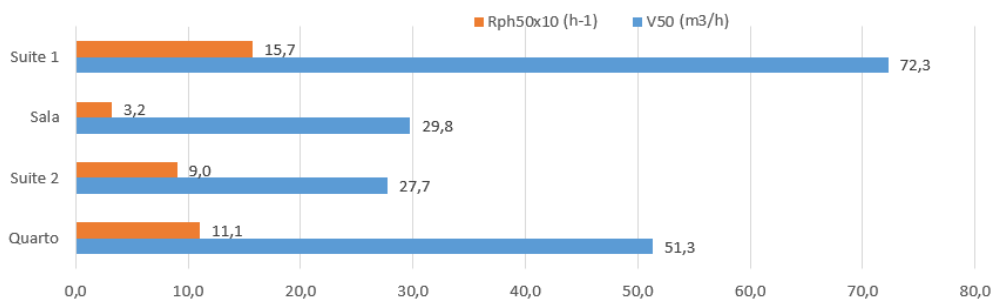


Figura 4.15- Resultados dos Rph50 e dos caudais de todas as caixilharias da Porta Ventiladora.

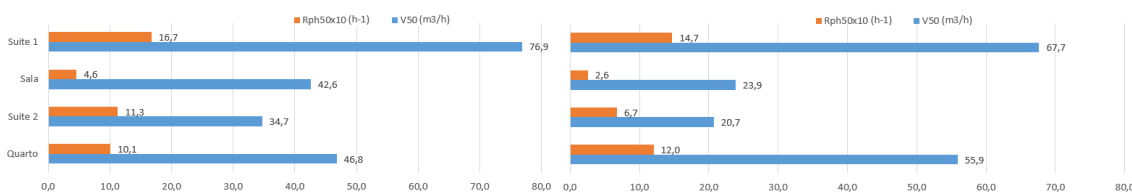


Figura 4.16 - Resultados dos Rph50 e caudais da Porta Ventiladora. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.

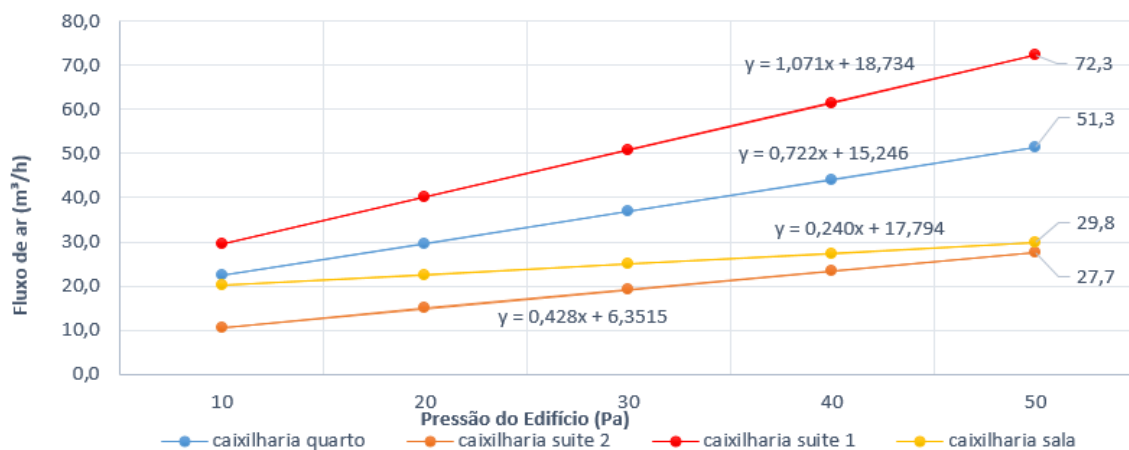


Figura 4.17- Gráfico com as curvas de permeabilidade de todas as caixilharias.

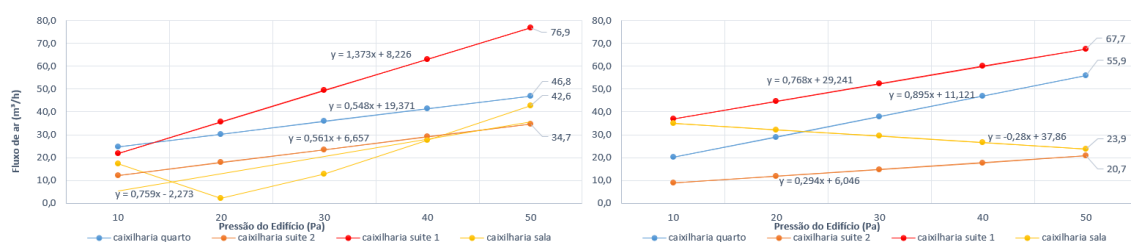


Figura 4.18- Gráfico com as curvas de permeabilidade. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.

Existe um relacionamento entre os Rph50 e as curvas de permeabilidade, em que quanto maior o declive das linhas de tendência mais alta é o Rph50, ou seja, menos impermeáveis. Na suite 1 salienta-se com um maior valor de Rph50, uma das possibilidades deste acontecimento é ter 2 fachadas com caixilharia o que provoca um maior fluxo de ventilação, algo semelhante com a sala mas como esta tem um volume superior à da suite 1 esse aspeto não é tão perceptível. No quarto existe um elevado caudal e Rph₅₀ devido ao defeito encontrado na caixilharia, que não fechava corretamente.

Apresenta-se as curvas de permeabilidade de despressurização e pressurização observa-se que o resultado nem sempre é igual, tanto que na sala a linha de tendência de despressurização tem um declive positivo e a linha de tendência na pressurização um declive negativo, isto acontece porque usa-se sempre o módulo dos valores na construção gráfica. Outro aspeto que não é normal é no gráfico de despressurização, a curva de permeabilidade da caixilharia da sala não é linear como as restantes, este fator explica-se devido ao ensaio ter sido realizado na entrada do edifício e não na entrada do compartimento da sala. Existe dois fatores para influenciar este acontecimento, o fato do apartamento com exceção da sala e da cozinha encontravam-se desselados durante os últimos ensaios e também o contributo das grelhas da suite 1, da suite 2 e da instalação sanitária 2 serem bastante elevados para a componente da despressurização.

Na cozinha admitiu-se que as grelhas estavam juntas com a caixilharia existente isto porque o caudal que a caixilharia iria ter em comparação com o das grelhas seria insignificante, admitindo assim, só a existência das grelhas, tal como já realizado no gás traçador. Para comprovar este resultado foi feito uma comparação com o somatório do caudal no ponto 50 Pa, V₅₀, resultante do ensaio das grelhas na cozinha que foi de 1346,6 m³/h, ou 673,3 m³/h cada uma, em relação a quanto seria um possível caudal da caixilharia existente. Para isso analisou-se o caudal a 50 Pa nas cinco caixilhariadas dos outros três compartimentos, o quarto descartou-se por se ter encontrado um defeito da caixilharia durante a selagem e nos resultados dos ensaios. Dividiu-se então este valor pelo perímetro de caixilharia nesses compartimentos, dando um caudal médio de 4,5 m³/h e um caudal médio por metro sem o quarto de 3,3 m³/h. Uma vez que o perímetro de caixilharia da cozinha é de 12,31 m. Consequentemente daria um caudal da caixilharia da cozinha de 40,4 m³/h que em relação ao caudal das grelhas, representa apenas 3%. Estes valores estão representados no Quadro 4.4.

Quadro 4.4- Quadro com o caudal por metro de caixilharia.

	Perímetro de caixilharia m	V50 (m ³ /h)	Permeabilidade por metro ((m ³ /h)/m)
Quarto	6,9	55,9	8,1
Suite 2	7,52	20,7	2,8
Sala	15,07	23,9	1,6
Suite 1	12,27	67,7	5,5
Média			4,5
Média sem Quarto			3,3

Como é normal as grelhas da cozinha apresentam um caudal superior em relação aos outros, devido a existir umas fendas bastante largas. Nas grelhas das suites, tal como no gás traçador, repara-se que na suite 2 a grelha esta a trabalhar a uma velocidade superior em relação ao da suite 1, tendo um Rph₅₀ 3 vezes superior. Já a grelha da lareira tem um valor de caudal e renovações horárias bastante elevado contrariamente ao ensaio do gás traçador.

A influência das grelhas neste tipo de ensaio é bastante notória quando se compara os resultados de depressurização para pressurização, tendo no geral um aspeto benéfico para a depressurização. Este efeito também pode ser observado nas curvas de permeabilidade. Tal como aconteceu nas caixilharias o mesmo efeito também existiu nas grelhas, em que na grelha da sala a curva de permeabilidade de depressurização tem um declive maior do que o normal e na parte de pressurização não tem um declive linear isto devido ao contributo das grelhas existentes no resto do apartamento, de salientar que a cozinha ainda se encontrava desselada. O efeito observado não se repete na cozinha devido ao elevado contributo das grelhas existentes na cozinha.

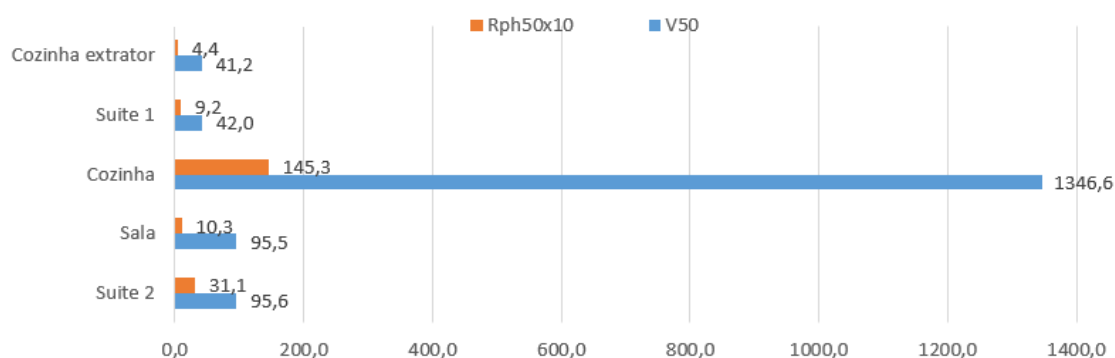


Figura 4.19- Resultados dos Rph₅₀ e os caudais de todas as grelhas e do extrator.

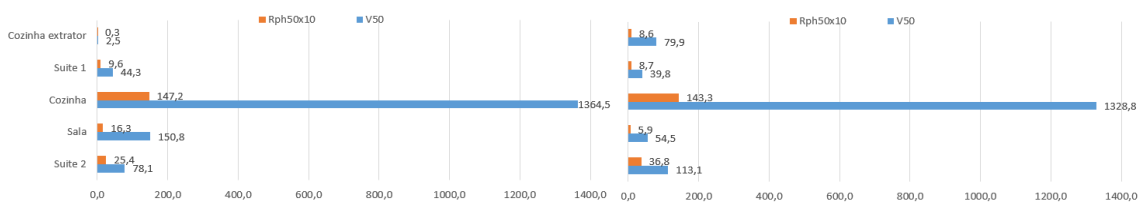


Figura 4.20- Resultados dos Rph50 e os caudais de todas as grelhas e do extrator. Esquerda: Despressurização; Direita: pressurização.

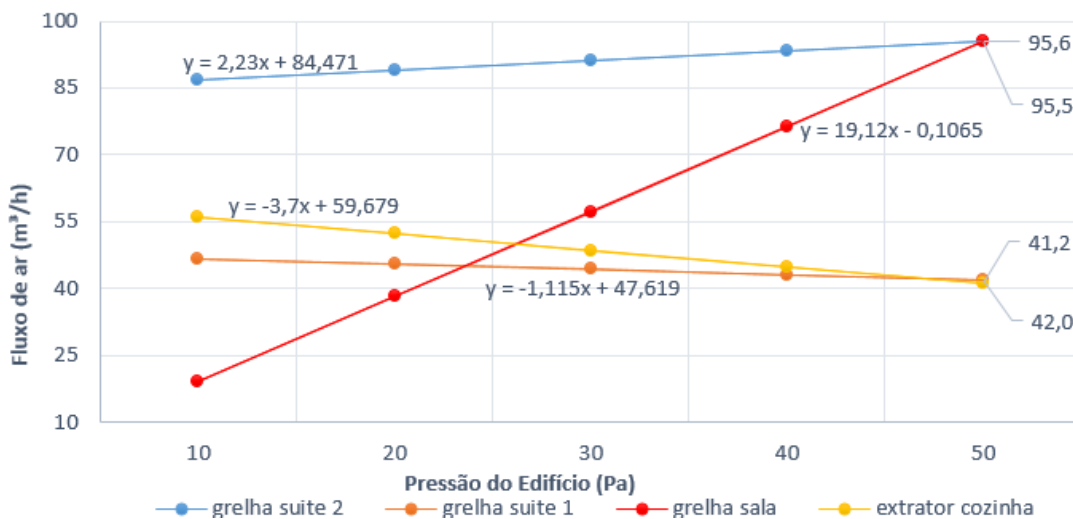


Figura 4.21- Gráfico com as curvas de permeabilidade das grelhas e do extrator.

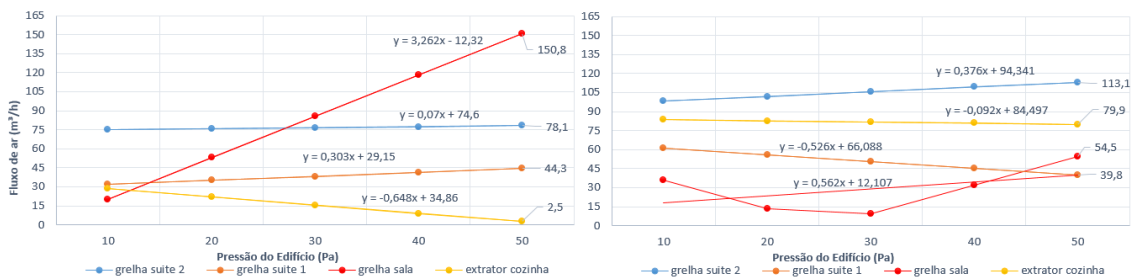


Figura 4.22- Gráfico com as curvas de permeabilidade. Esquerda: despressurização; Direita: pressurização.

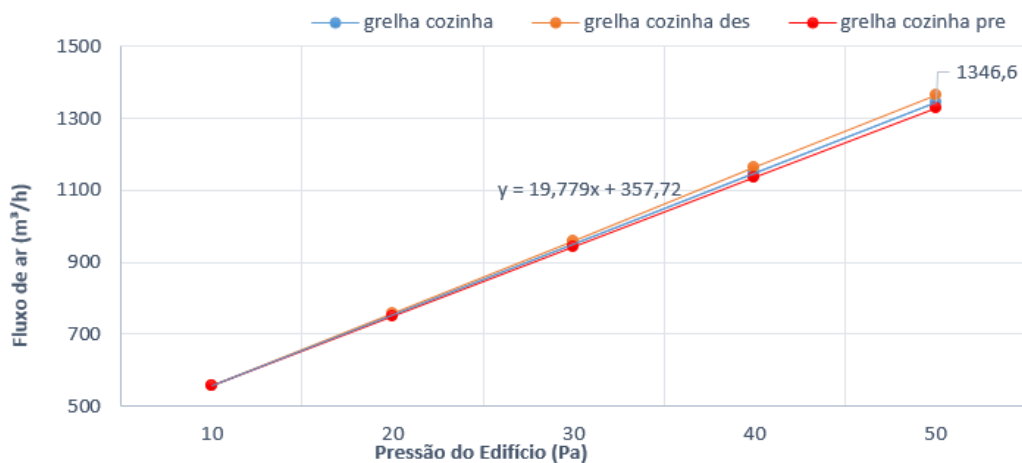
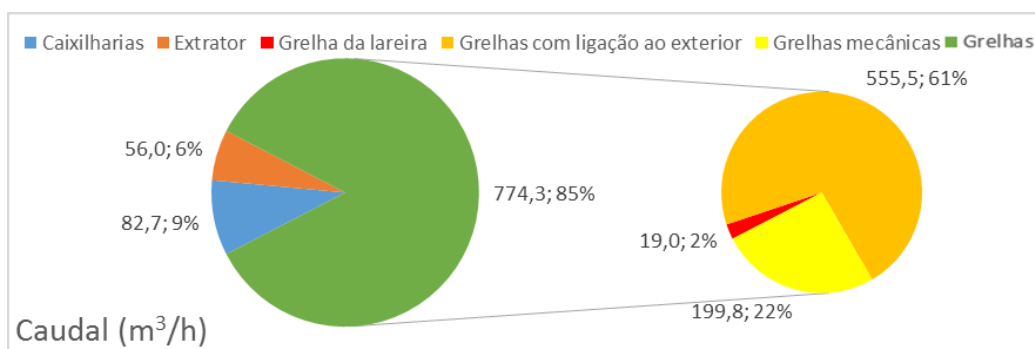


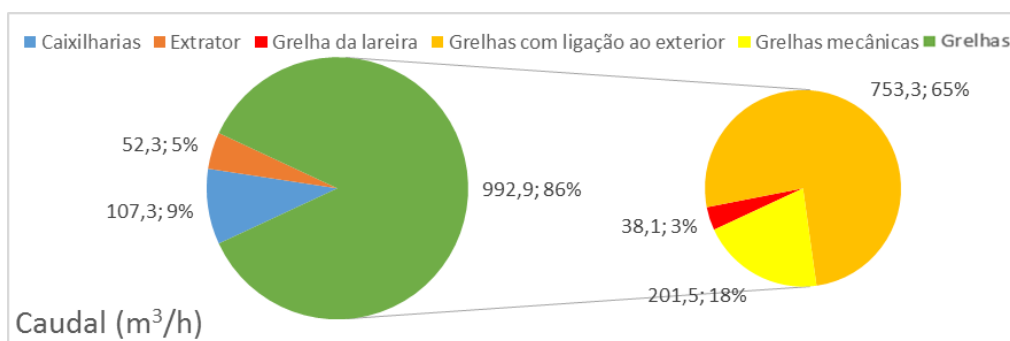
Figura 4.23- Gráfico com todas as curvas de permeabilidade da grelha da cozinha.

Comparou-se e analisou-se qual o peso que cada elemento ou conjunto de elementos pode ter para o sistema de ventilação do apartamento em cada um dos cinco pontos de pressão, 10, 20, 30, 40 e 50 Pa. Apresenta-se os gráficos com o somatório dos caudais na Figura 4.24 e é feito as seguintes observações:

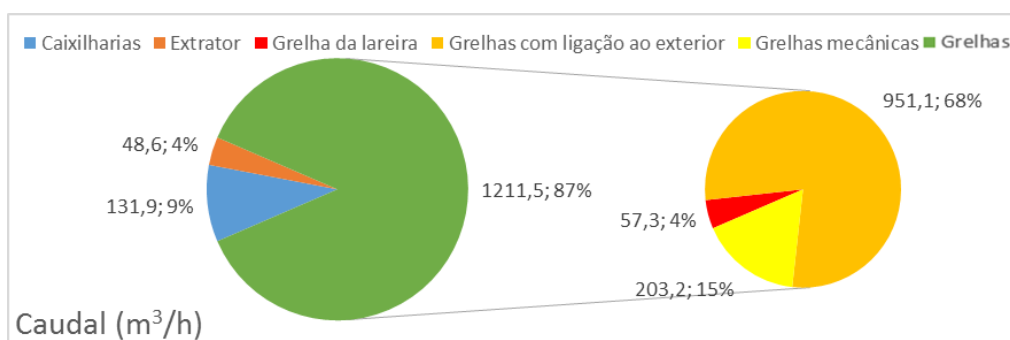
- Caixilharias: São elementos com elevada estanquidade e ainda por cima tem tido pouco uso desde a sua construção logo são responsáveis por pouco peso na ventilação, apenas 14% do apartamento;
- Extrator: Foi realizado o ensaio com o caudal mínimo e é responsável por apenas 4% da ventilação do apartamento. Um resultado normal que já se esperava porque o extrator estava a funcionar em caudal mínimo;
- Grelhas: Como se esperava este conjunto de elementos que foram dimensionados para proporcionar ventilação tem a maior percentagem de caudal de infiltração, 87%. Pode-se ainda fazer a análise entre as grelhas:
 - Grelhas mecânicas: Representam apenas 15% da fatia do caudal das grelhas em que o valor da grelha mecânica da instalação sanitária 2 foi retirada em função de uma média do caudal das outras duas grelhas mecânicas semelhantes situadas nas suites;
 - Grelha da lareira: Com apenas 4% da do caudal das grelhas, tendo o mesmo peso que o extrator para o caudal de todo o apartamento;
 - Grelhas com ligação ao exterior: Estas grelhas produzem a maior fatia na ventilação das grelhas, 68%, este resultado é bastante elevado e pode ter sido influenciado devido a pota ventiladora provocar a movimentação do ar e como se trata de uma grelha com ligação ao exterior faz com que não acha tanto controlo no caudal que passa por esta como uma grelha com ventilação mecânica.



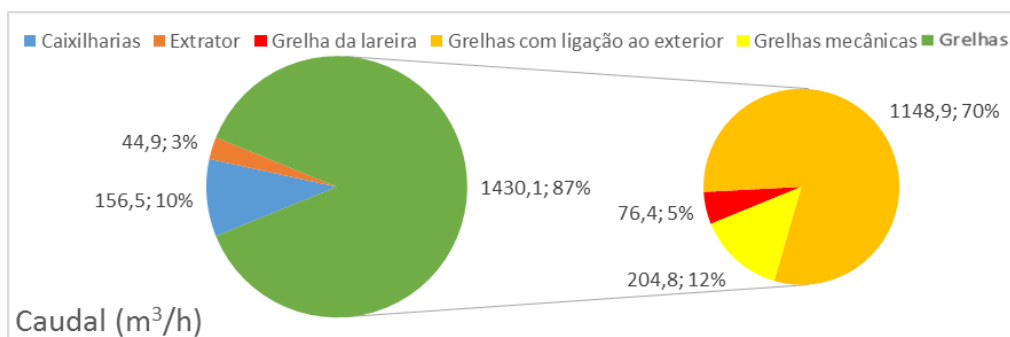
Valores a pressão de 10 Pa.



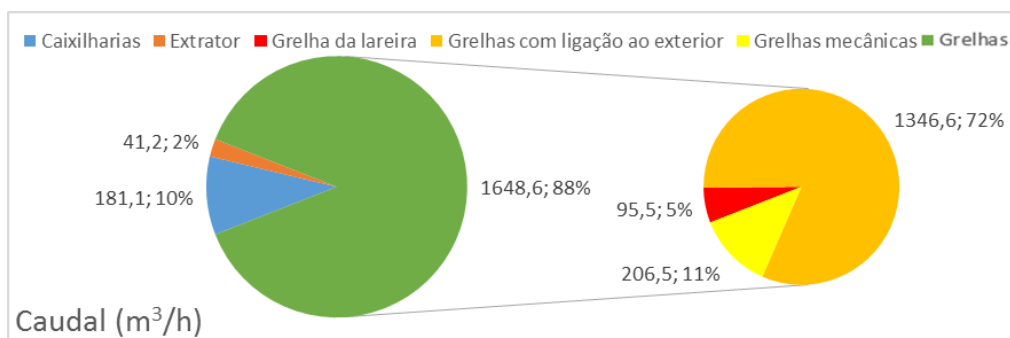
Valores a pressão de 20 Pa.



Valores a pressão de 30 Pa.



Valores a pressão de 40 Pa.



Valores a pressão de 50 Pa.

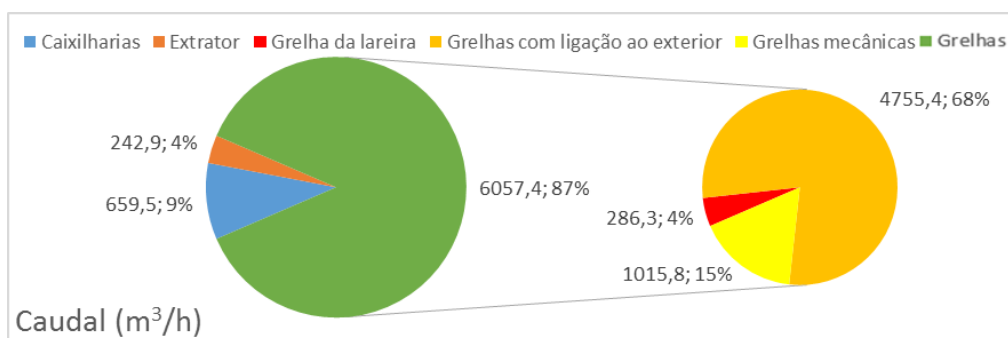


Figura 4.24- Gráficos com o peso dos diferentes caudais.

Realizou-se uma análise com o apartamento não selado, em condições de funcionamento em relação ao apartamento selado mais o peso de cada elemento em termos de caudal. Estes resultados podem ser vistos no Quadro 4.5, em que se apresenta uma diferença em percentagem para do somatório efetuado.

Os resultados desta análise são satisfatórios, uma vez que os valores andam entre os 4% e os 26%, o valor da percentagem diminuir a medida que a pressão aumenta.

Quadro 4.5- Quadro com a análise entre os caudais do apartamento selado e desselado com as curvas de permeabilidade.

Pressão do Edifício (Pa)	10			20			30			40			50		
	Global	Des	Pre	Global	Des	Pre	Global	Des	Pre	Global	Des	Pre	Global	Des	Pre
Apartamento selado (m³/h)	509,2	490,9	527,6	665,2	648,2	682,2	821,1	805,5	836,7	977,1	962,8	991,3	1133,0	1120,1	1145,8
+															
C.1 (m³/h)	22,5	24,9	20,1	29,7	30,3	29,0	36,9	35,8	38,0	44,1	41,3	46,9	51,3	46,8	55,9
C.2 (m³/h)	10,6	12,3	9,0	14,9	17,9	11,9	19,2	23,5	19,2	23,5	29,1	17,8	27,7	34,7	20,7
G.2 (m³/h)	86,7	75,3	98,1	88,9	76,0	101,9	91,2	76,7	105,6	93,4	77,4	109,4	95,6	78,1	113,1
C.7 (m³/h)	29,4	22,0	36,9	40,1	35,7	44,6	50,8	49,4	52,3	61,6	63,1	60,0	72,3	76,9	67,7
G.7 (m³/h)	46,5	32,2	60,8	45,4	35,2	55,6	44,3	38,2	50,3	43,2	41,3	45,0	42,0	44,3	39,8
C.4 (m³/h)	20,2	17,3	35,1	22,6	2,3	32,3	25,0	12,7	29,5	27,4	276,0	26,7	29,8	42,6	23,9
G.4 (m³/h)	19,0	20,3	25,8	38,1	52,9	12,2	57,3	85,5	9,4	76,4	118,2	32,0	95,5	150,8	54,5
E.5 (m³/h)	56,0	28,4	83,6	52,3	21,9	82,7	48,6	15,4	81,7	44,9	8,9	80,8	41,2	2,5	79,9
G.5 (m³/h)	555,5	556,1	554,9	753,3	758,2	748,4	951,1	960,3	941,9	1148,9	1162,4	1135,3	1346,6	1364,5	1328,8
G.6 (m³/h)	66,6	53,8	79,5	67,2	55,6	78,8	67,7	57,5	78,0	68,3	59,4	77,2	68,8	61,2	76,5
=	1422,3	1333,4	1531,3	1817,7	1734,2	1879,6	2213,1	2160,5	2242,6	2608,5	2839,9	2622,4	3003,9	3022,5	3006,6
Apartamento desselado (m³/h)	1102,7	1070,1	1135,2	1525,6	1479,5	1571,7	1948,5	1888,8	2008,2	2371,4	2298,2	2444,7	2794,4	2707,5	2881,2
Diferença (%)	22,5	19,7	25,9	16,1	14,7	16,4	12,0	12,6	10,5	9,1	19,1	6,8	7,0	10,4	4,2

4.2.3. COMPARAÇÃO DOS DOIS ENSAIOS

No capítulo 2 no ponto §2.4.2 apresenta-se dois processos para se poder fazer uma possível comparação das renovações horárias entre os ensaios, os valores comparativos de todos os ensaios realizados são apresentados no Quadro 4.6.

O primeiro método é considerado um método simplificado em que se divide as renovações horárias da porta ventiladora a uma pressão de 50 Pa por vinte, e o resultado deveria ser semelhante as renovações horárias do gás traçador. Os valores são semelhantes no que toca as caixilharias, já quando se dessela as grelhas os valores afastam-se, em que as suites apresentam entre si uns valores bastante semelhantes. Este método como não tem em conta a velocidade do vento, as temperaturas ou a altura do edifício e este aspeto é importante para os resultados de comparação não serem constantes.

O segundo método, método do *Lawrence Berkley Laboratory* consiste em dividir as renovações horárias da porta ventiladora a pressão de 50 Pa por um fator que tem em conta a temperatura, vento, a altura do edifício e o tamanho das fendas e esta divisão tem de ser semelhante as renovações horárias do gás traçador. Como já se tem o valor das renovações horárias dos dois ensaios então dividiu-se um pelo outro para verificar quanto seria o valor desse fator N e se poderia existir uma comparação entre os ensaios realizados. Os valores das caixilharias seladas e desseladas são mais elevados que quando se dessela as grelhas nos mesmos compartimentos, com exceção da cozinha e da sala, mas é de lembrar que nestes existe uma influência das grelhas do resto da casa que se encontram desseladas para os valores de Rph_{50} . No entanto não se consegue um valor constante do N para todos os ensaios nem apenas para as caixilharias ou só para as grelhas.

Quadro 4.6- Quadro com a comparação das renovações horárias dos dois ensaios.

		RPH (h⁻¹)	Rph50 (h⁻¹)	(Rph50)/20 (h⁻¹)	(Rph50)/RPH (h⁻¹)
Quarto	C.1 selada	0,14	5,3	0,26	37,5
	C.1 não selada	0,33	6,3	0,32	19,1
Suite 2	C.2 e G.2 seladas	0,25	8,4	0,42	33,8
	G.2 selada	0,21	9,4	0,47	44,7
	C.2 e G.2 não seladas	1,61	10,0	0,50	6,2
Sala	C.4 e G.4 seladas	0,21	3,5	0,17	16,4
	G.4 selada	0,18	3,4	0,17	19,1
	C.4 e G.4 não seladas	0,12	3,7	0,19	31,1
Cozinha	E.5 e G.5 seladas	0,62	4,6	0,23	7,4
	G.5 seladas	0,53	4,6	0,23	8,7
	E.5 e G.5 não seladas	1,98	8,9	0,44	4,5
Suite 1	C.7 e G.7 seladas	0,37	7,5	0,38	20,3
	G.7 selada	0,30	9,0	0,45	30,1
	C.7 e G.7 não seladas	0,60	9,1	0,45	15,2

5

CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES PRINCIPAIS

A presente dissertação possibilitou alargar o conhecimento sobre os ensaios de porta ventiladora e do método do gás traçador, técnica do declive, quando aplicados para determinar a estanquidade de alguns elementos construtivos. Permitiu também estimar e comparar as renovações horárias e o caudal de ventilação e a estanquidade nos compartimentos da habitação, tentando relacionar os dois ensaios.

As conclusões mais importantes foram as seguintes:

- Em Portugal existe uma predominância de sistemas de ventilação naturais e mistos.
- Os ensaios do Gás Traçador mostraram que no quarto e na sala são os compartimentos mais estanques, tendo-se obtido um valor de Rph de $0,33 \text{ h}^{-1}$ e $0,12 \text{ h}^{-1}$, respetivamente. O compartimento mais estanque do apartamento é a sala com um caudal de $11,3 \text{ m}^3/\text{h}$ e o menos estanque é a cozinha com o caudal de $90,1 \text{ m}^3/\text{h}$.
- O ensaio da Porta Ventiladora mostrou que o Rph_{50} do apartamento é de $8,9 \text{ h}^{-1}$. O mesmo ensaio mostrou que a permeabilidade das caixilharias varia entre $1,6$ e $8,1 \text{ m}^3/\text{h}$ com um valor médio de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Na análise dos elementos construtivos as grelhas têm maior contributo para a ventilação, como seria de esperar.
- A relação dos resultados dos ensaios realizados conduziu a uma relação entre Rph_{50} e Rph entre um mínimo de $4,5$ e um máximo de $44,7$.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A partir deste trabalho perspetivam-se algumas ideias para desenvolvimentos futuros:

- Realizar o ensaio de gás traçador em vários compartimentos para avaliar as renovações horárias globais do apartamento e verificar se os resultados são semelhantes;
- Realizar os mesmos ensaios em apartamentos semelhantes e comparar com os resultados desta dissertação;
- Analisar se o clima exterior tem uma elevada influência nos resultados, através da realização dos mesmos ensaios em outra altura do ano.

BIBLIOGRAFIA

- Afonso, C., *Modelização do Movimento do Ar no Interior de Edifícios Através do Recurso ao Método do Gás Traçador*, Tese de Mestrado, FEUP, 1986.
- Amaral, M., *Sistemas de ventilação natural e mistos em edifícios de habitação*, Tese de Mestrado, FEUP, 2008.
- ASTM E 1827 (1996). *Standard Test Methods for Determining Airtightness of Buildings Using an Orifice Blower Door*.
- ASTM E 741-00 (2000). *Standard test method for determining air change in a single zone by means of a tracer gas dilution. American Society for Testing Materials, West Conshohocken, United States of America*.
- ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2005*.
- ASHRAE (2004). *Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, United States of America*.
- ASHRAE 55-2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta. 2004*.
- Blower Door and Duct Blaster Testing, energy Fact Sheet 22*. Atlanta, GA: Southface Energy Institute, (Março 2002).
- BMI & RHA (2009), *Weatherization Workforce Training Program, Blower Doors*.
- Carneiro, B., *Avaliação dos sistemas de ventilação implementados em diferentes edifícios*, Tese de Mestrado, FEUP, 2015.
- Dubrul, C. (1988). *Inhabitants behavior with respect to ventilation. Technical Note AIVC 23, Air Infiltration and Ventilation Centre*.
- Freitas, V. P. *Recomendações Práticas para a Implementação de Sistemas de Ventilação Mistos em Edifícios de Habitação*, FEUP, 2008.
- G. Guyot, F. R. Carrié and P. Schild, “Project ASIEPI – Stimulation of good building and ductwork airtightness through EPBD,” 2010.
- INNOVA (1997), 1312 *Photoacoustic Multi-gas Monitor Instruction Manual*.
- ISO 12569 (2012). *Thermal performance of buildings and materials – Determination of specific airflow rate in buildings – Tracer gas dilution method. International Organization for Standardization, Genebra, Suíça*.
- ISO 9972:2012 - *Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method*.

L. Mouradian and X. Boulanger, "QUAD-BBC, *Indoor Air Quality and ventilation systems in low energy buildings*," AIVC Newsletter No2, June 2015.

Machado, A., *Aplicação do ensaio de porta ventiladora à avaliação da estanquidade do ar de edifícios de habitação*, Tese de Mestrado, FEUP, 2013.

Maldonado, E., Woods, J. (1983). *A Method to select locations for indoor air quality sampling. Building and Environment*, Volume 18, 1983, páginas 171-180, Elsevier.

Miller, James P. (2011), *Comparison of blower door and tracer gas testing methods for determination of air infiltration rates through building envelopes at normal operating conditions*.

Norton P.; Hendron B., *Building America System Performance Test Practices: Part 2, Air-Exchange Measurements*, National Renewable Energy Laboratory Center for Buildings and Thermal Systems, 2002.

SCE, Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, Decreto-Lei 118/2013, de 20 de Agosto.

Rodrigues, S., *Aplicação do ensaio com porta ventiladora à avaliação da permeabilidade ao ar de elementos construtivos*, Tese de Mestrado, FEUP, 2014.

Roulet, C.; Compagnon, R., *Multizone Tracer Gas Infiltration Measurements. Interpretation Algorithms for Non-Isothermal Cases*, *Building and Environment*, Vol. 24, 1989

Roulet, C.; Vandaele, L., *Air Flow Patterns Within Buildings. Measurement Techniques*, *Technical Note 34*, Annex 5-AIVC, IEA-ECBCS, 1991.

RSECE (2006). Diário da República, I Série – A, Decreto-Lei n.º 79/2006, abril, Lisboa.

Sherman, Max H. - *Estimation of infiltration from leakage and climate indicators. Energy and Buildings*. Vol. 10. n.º 1 (1987).

Sherman, Max H. (1989). *Tracer-Gas Techniques For Measuring Ventilation in a Single Zone*, Volume 25, 1990, páginas 365-374, Reino Unido.

Silva, F., *Caracterização experimental e numérica da permeabilidade ao ar da envolvente e do sistema de ventilação de um edifício "gaioleiro"*, Tese de Mestrado, FEUP, 2011.

The Energy Conservatory (2012), *Operation Manual for Model 3 and Model 4 Systems*, *Minneapolis Blower Door*.

The Energy Conservatory (2013), *Building Performance Testing Tools*, *Minneapolis Blower Door*.

The REHVA European HVAC Journal, Volume 50, Janeiro 2013.

ANEXOS

ANEXOS 1- FICHAS DE ENSAIO DO GÁS TRAÇADOR..... 65

ANEXOS 2- FICHAS DE ENSAIO DA PORTA VENTILADORA..... 81

ANEXOS 1- FICHAS DE ENSAIO DO GÁS TRAÇADOR

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Código: GT1.1

Foto do ensaio

ÁREA: 17,86 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

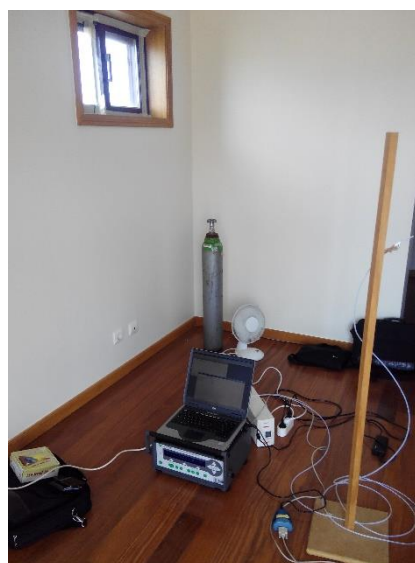
VOLUME: 46,42 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 2,93 m²

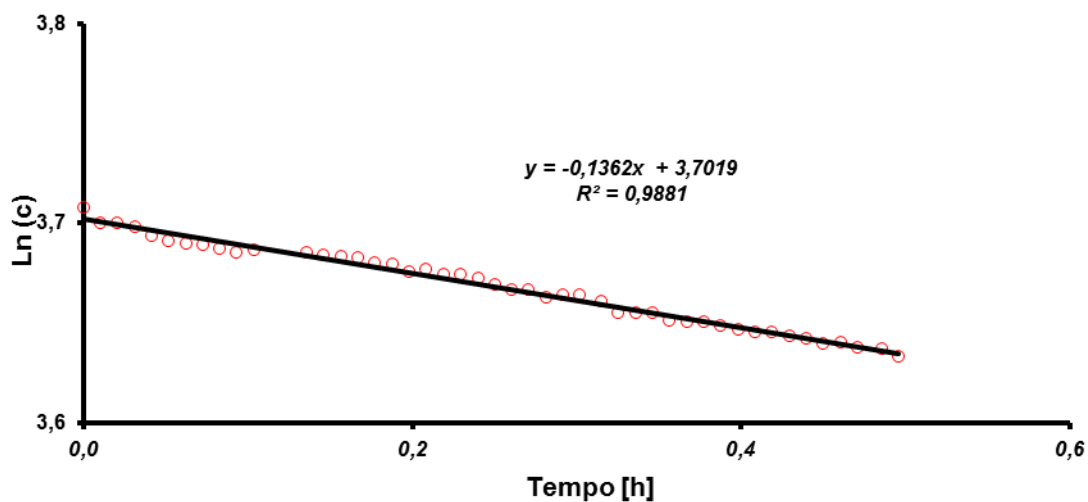
GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,7C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

0,14

Caudal (m³/h)

6,3

Volume (m³)

46,42

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Código: GT1.2

Foto do ensaio

ÁREA: 17,86 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

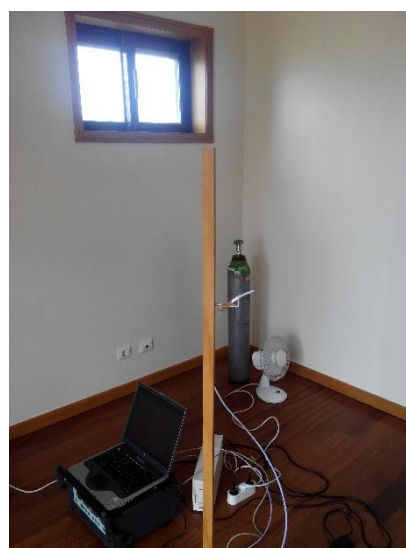
VOLUME: 46,42 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 2,93 m²

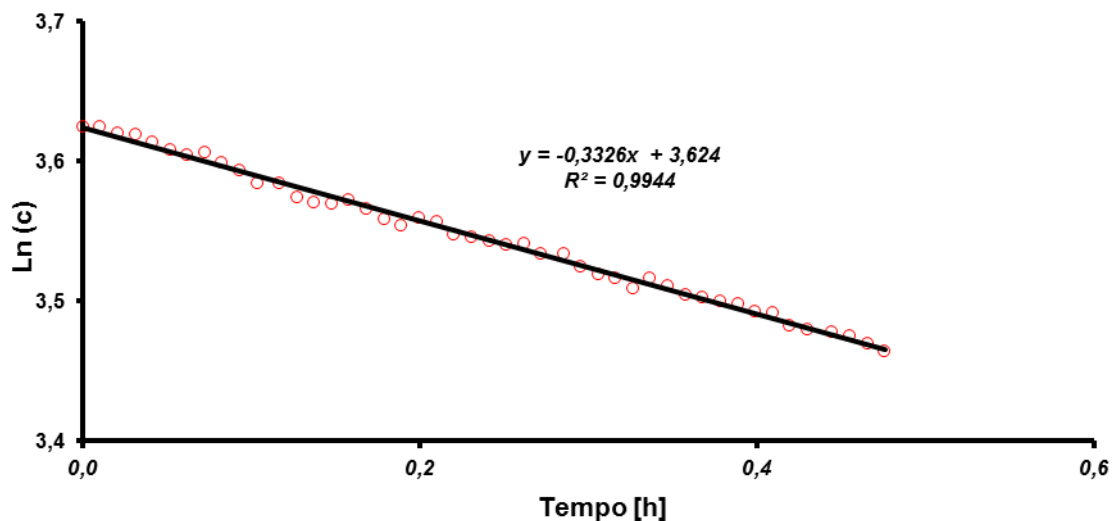
GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,7 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 22,0C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,33

Caudal (m³/h) 15,4

Volume (m³) 46,42

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Código: GT2.1

Foto do ensaio

ÁREA: 11,82 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

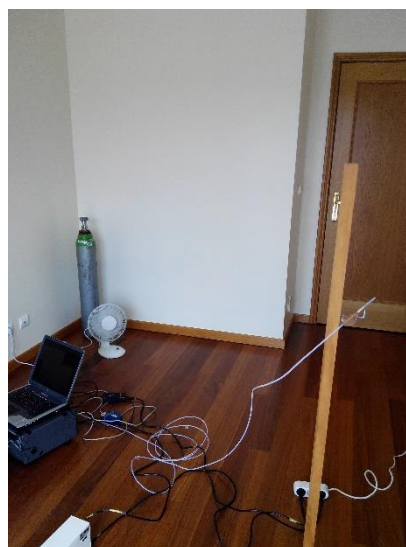
VOLUME: 30,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,53 m²

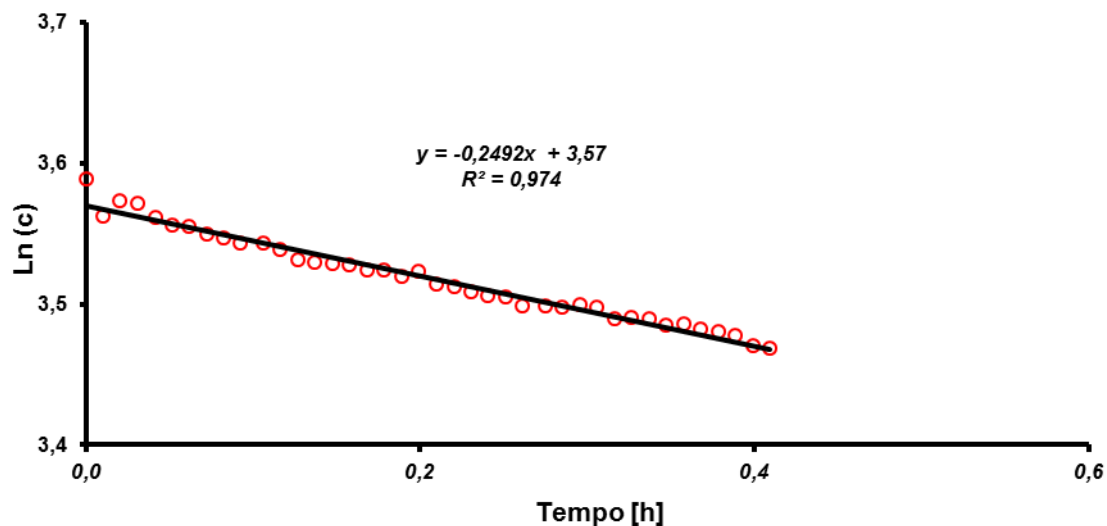
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,4C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

0,25

Caudal (m³/h)

7,7

Volume (m³)

30,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Código: GT2.2

Foto do ensaio

ÁREA: 11,82 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

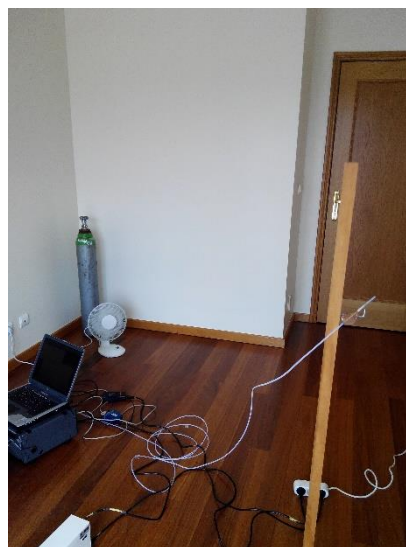
VOLUME: 30,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,53 m²

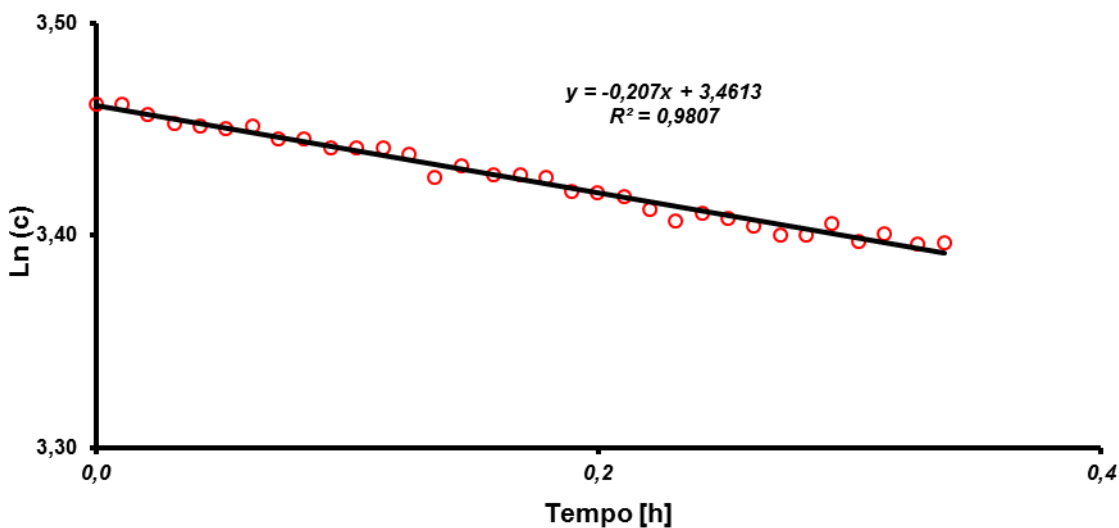
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,4 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,3C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

0,21

Caudal (m³/h)

6,4

Volume (m³)

30,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Código: GT2.3

Foto do ensaio

ÁREA: 11,82 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

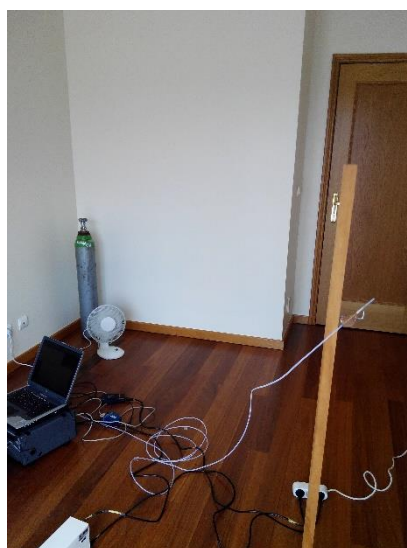
VOLUME: 30,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,53 m²

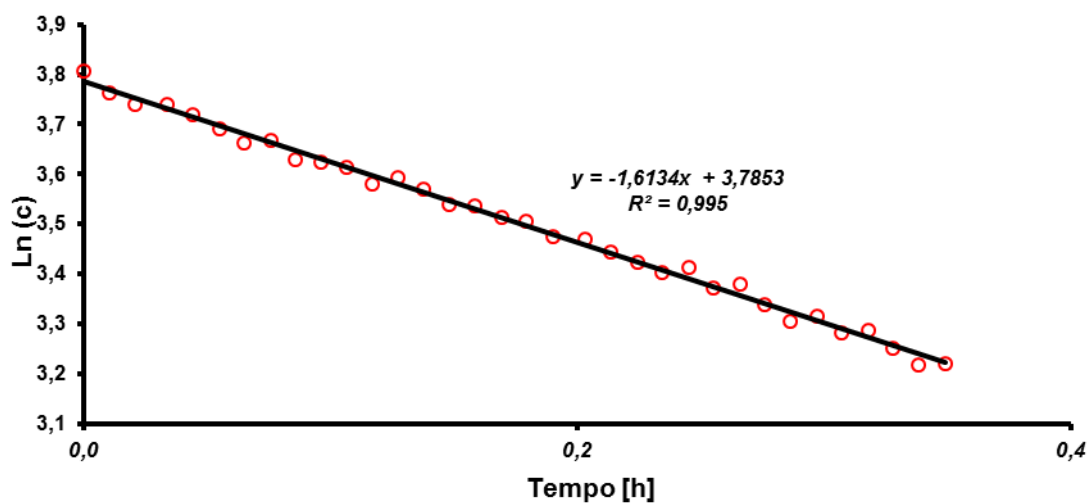
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,1 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

1,61

Caudal (m³/h)

49,6

Volume (m³)

30,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT4.1

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 35,67 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

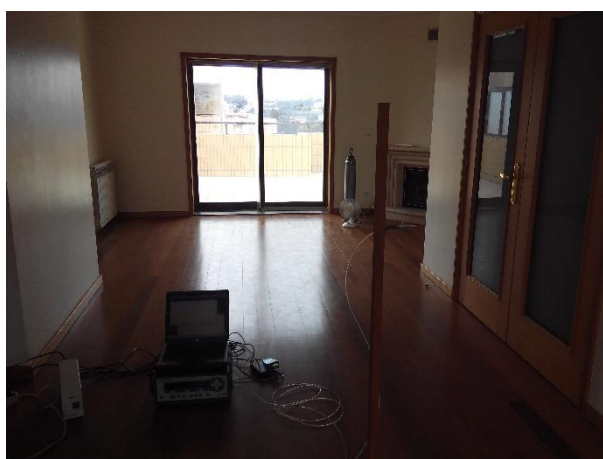
VOLUME: 92,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 7,07 m²

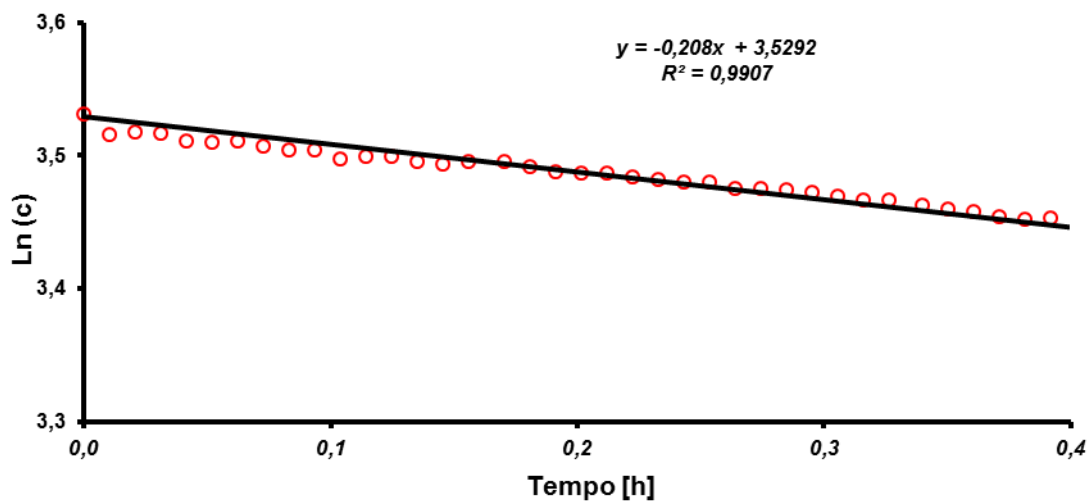
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,5 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,3 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

0,21

Caudal (m³/h)

19,3

Volume (m³)

92,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT4.2

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 35,67 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

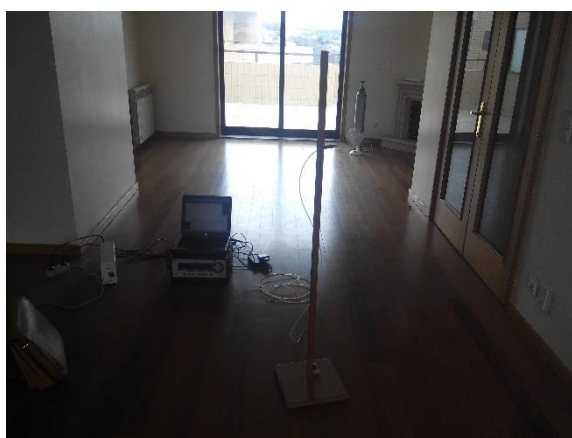
VOLUME: 92,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 7,07 m²

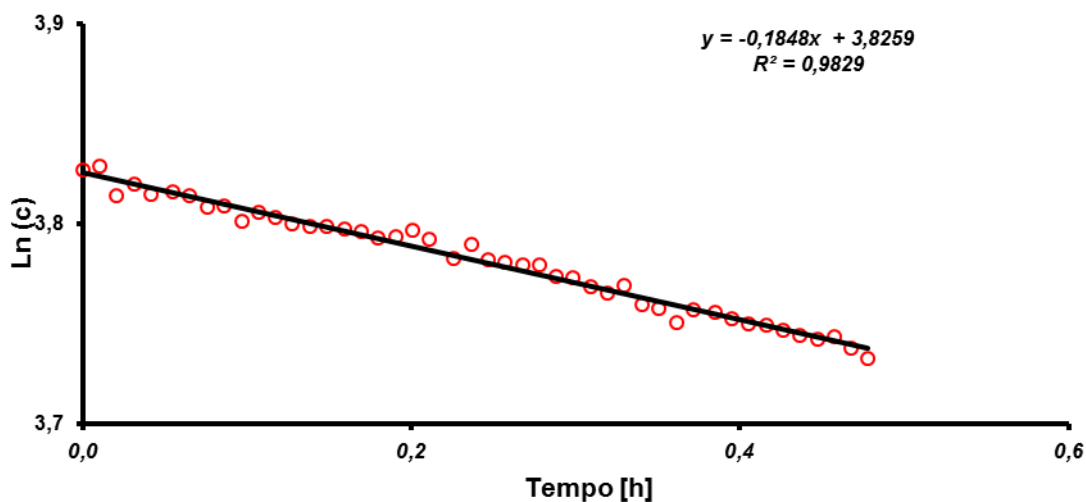
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,5 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,8 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,18

Caudal (m³/h) 17,1

Volume (m³) 92,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT4.3

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 35,67 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

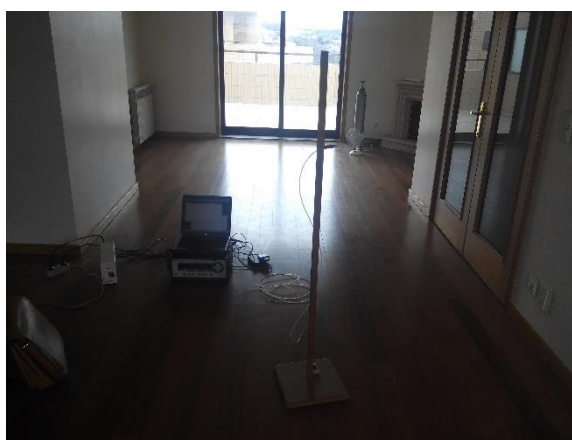
VOLUME: 92,74 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 7,07 m²

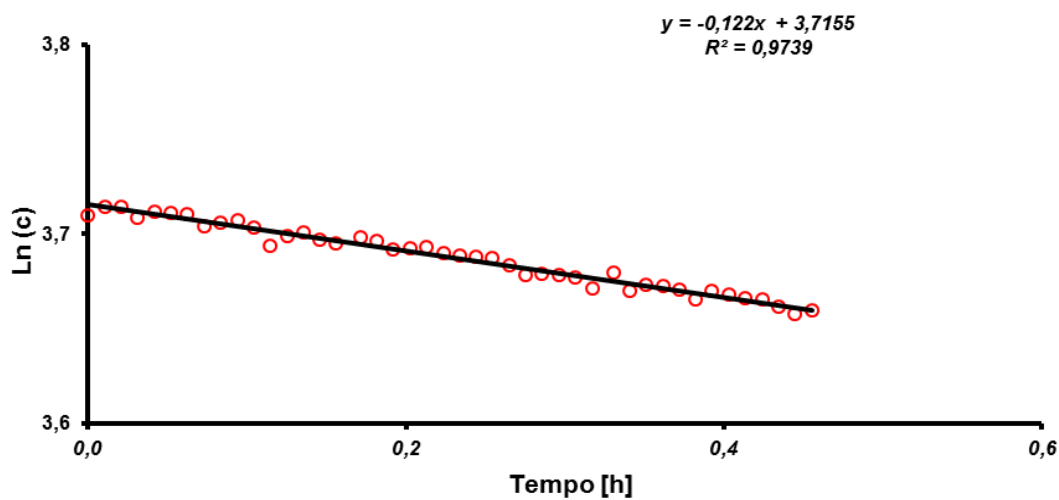
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,8 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,9 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,12

Caudal (m³/h) 11,3

Volume (m³) 92,74

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT5.1

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,54 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,60 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,02 m²

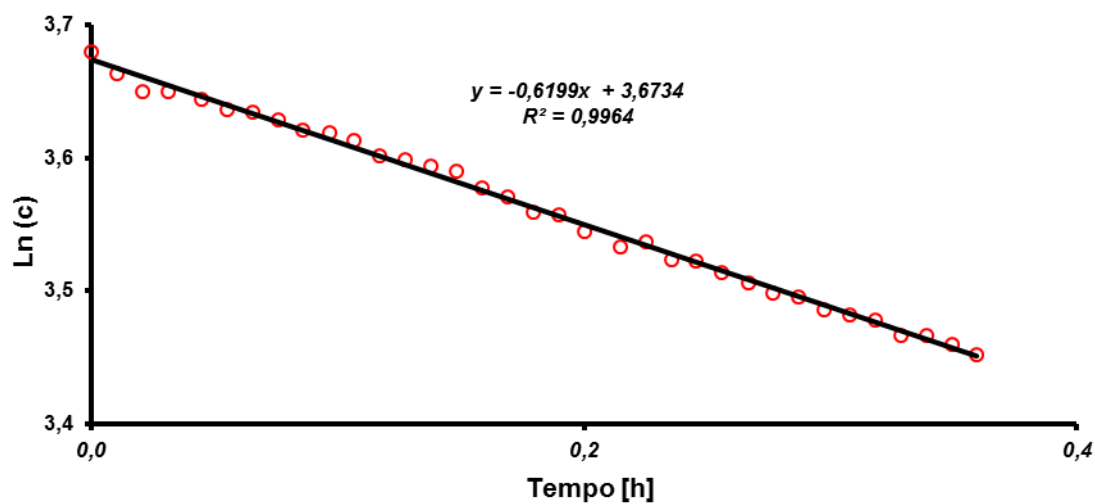
GRELHAS: 2

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,7 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,6 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,62

Caudal (m³/h) 28,3

Volume (m³) 45,60

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT5.2

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,54 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,60 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,02 m²

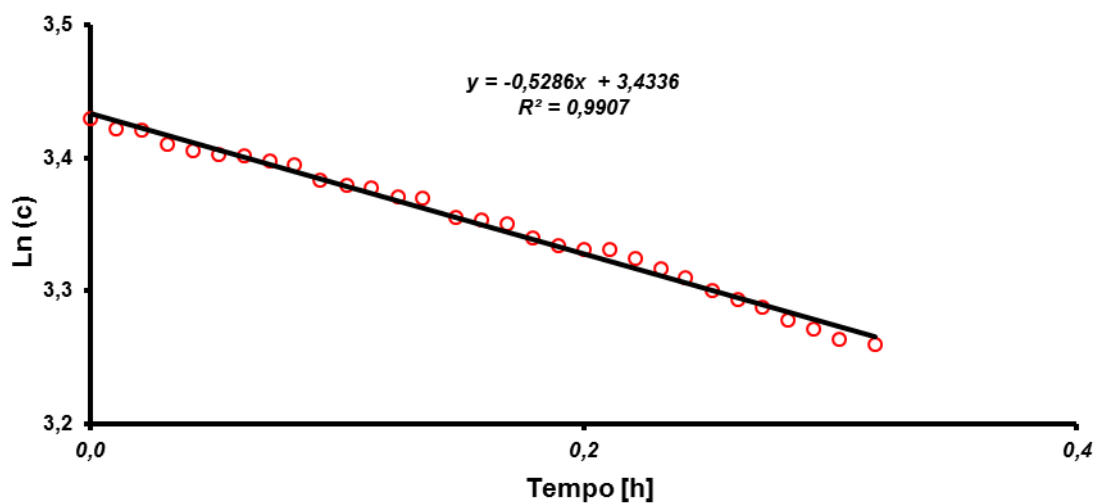
GRELHAS: 2

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,6 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,3 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,53

Caudal (m³/h) 24,1

Volume (m³) 45,60

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT5.3

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,54 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

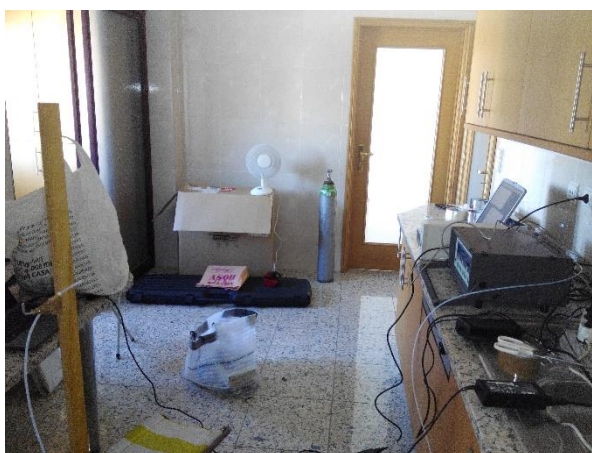
VOLUME: 45,60 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 3,02 m²

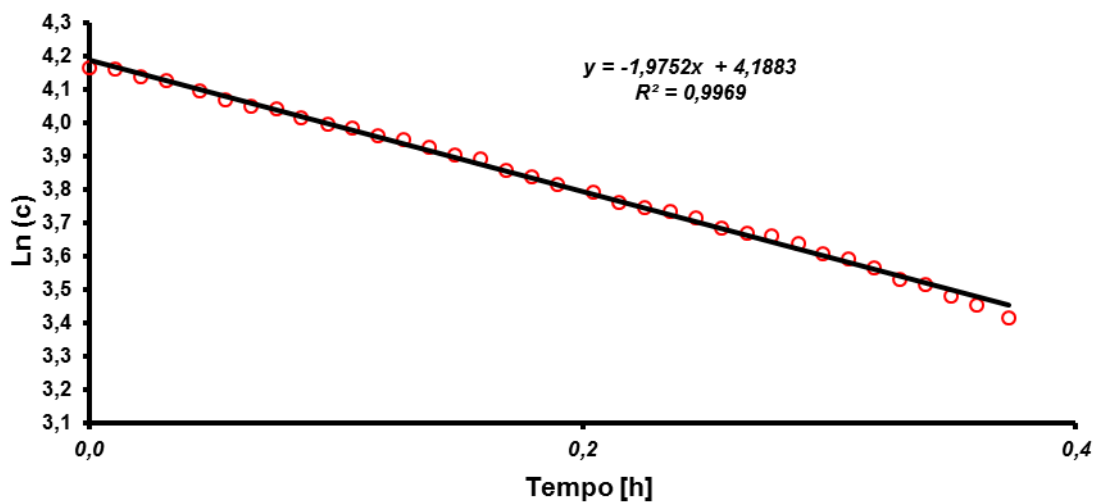
GRELHAS: 2

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,0 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 17,8 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 1,98

Caudal (m³/h) 90,1

Volume (m³) 45,60

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT7.1

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,66 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

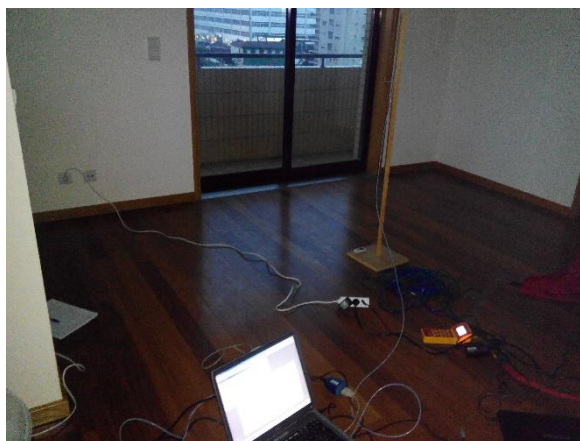
VOLUME: 45,92 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 4,91 m²

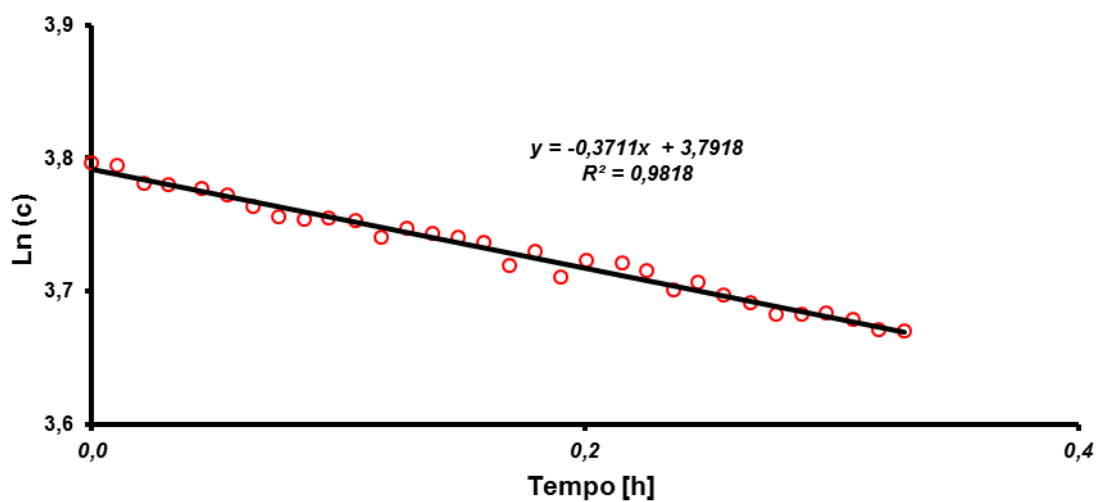
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,1 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,0 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,37

Caudal (m³/h) 17,0

Volume (m³) 45,92

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT7.2

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,66 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

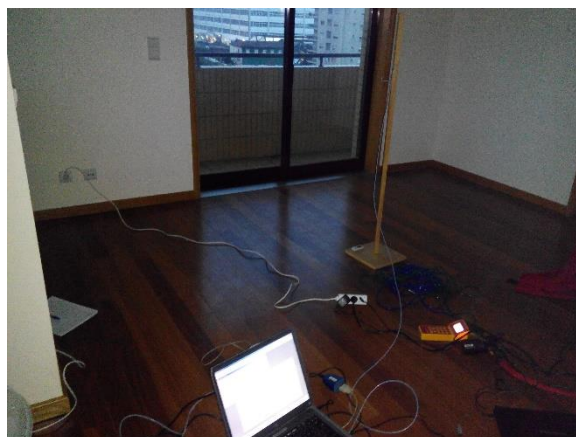
VOLUME: 45,92 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 4,91 m²

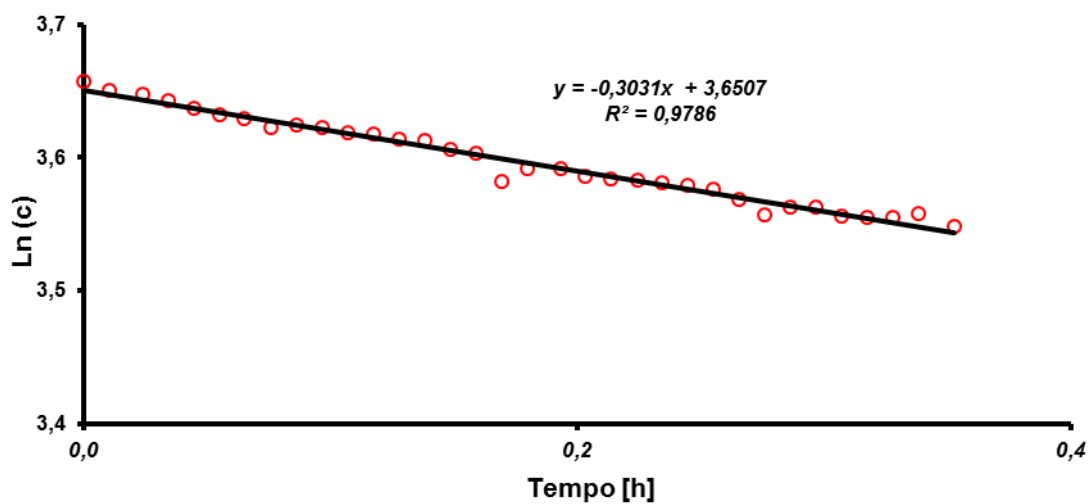
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,0 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,0 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹)

0,30

Caudal (m³/h)

13,9

Volume (m³)

45,92

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: GT7.3

ENSAIO: Gás traçador.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 12569 e ASTM E 741-00.

Foto do ensaio

ÁREA: 17,66 m²

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

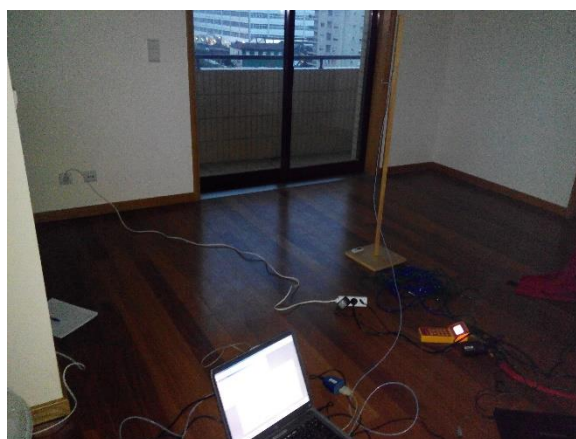
VOLUME: 45,92 m³

ÁREA DE ENVIDRAÇADOS: 4,91 m²

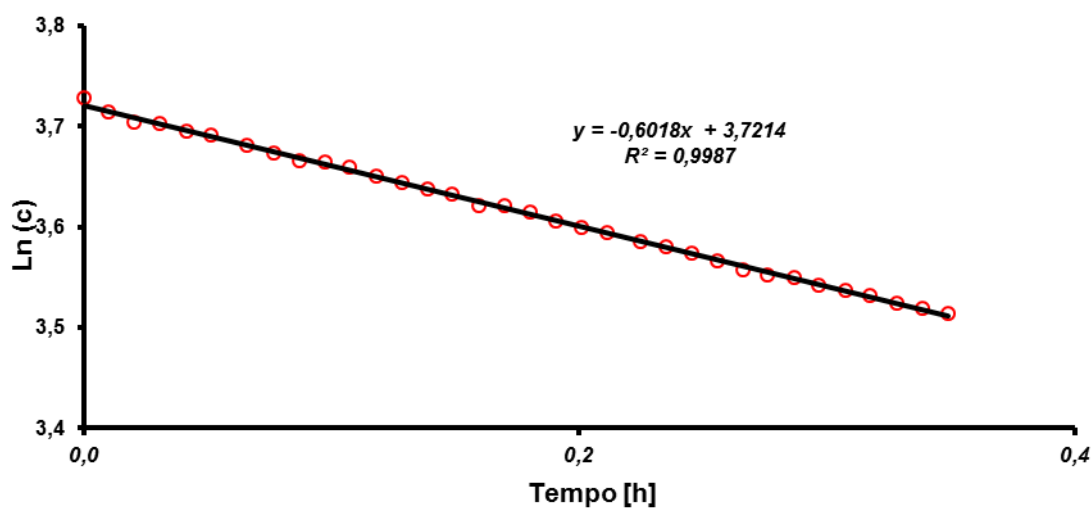
GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,4 C°



RESULTADOS



RPH (h⁻¹) 0,60

Caudal (m³/h) 27,6

Volume (m³) 45,92

ANEXOS 2- FICHAS DE ENSAIO DA PORTA VENTILADORA

FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV1.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 46,42 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 40,6 m²

ÁREA ÚTIL: 17,86 m²

GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 19,9 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,3 C°

Altura do edifício × $\Delta t = 9,6 < 500 \text{ m} \cdot \text{C}^\circ$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,3 C°

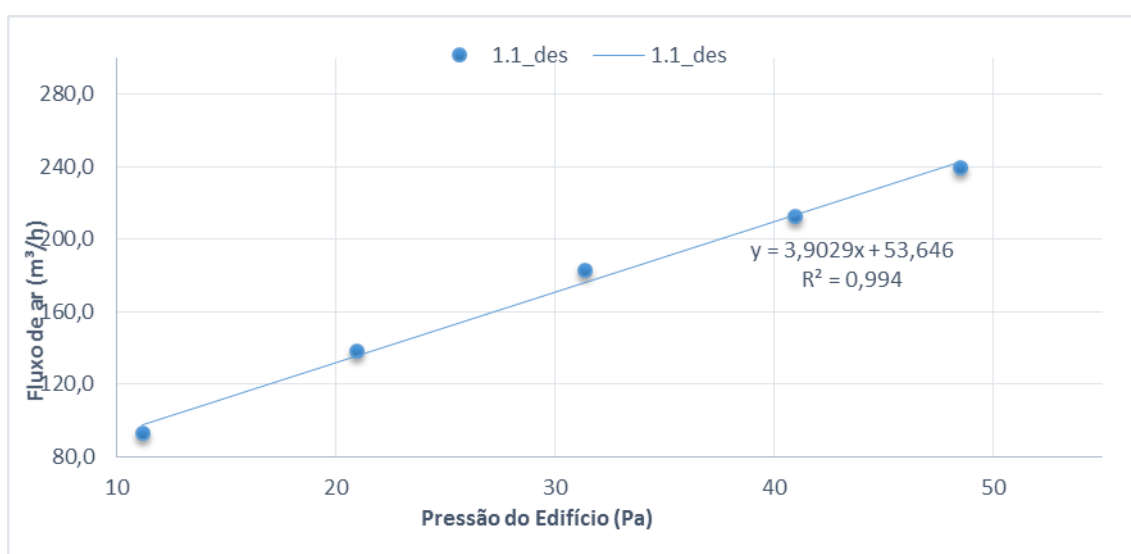
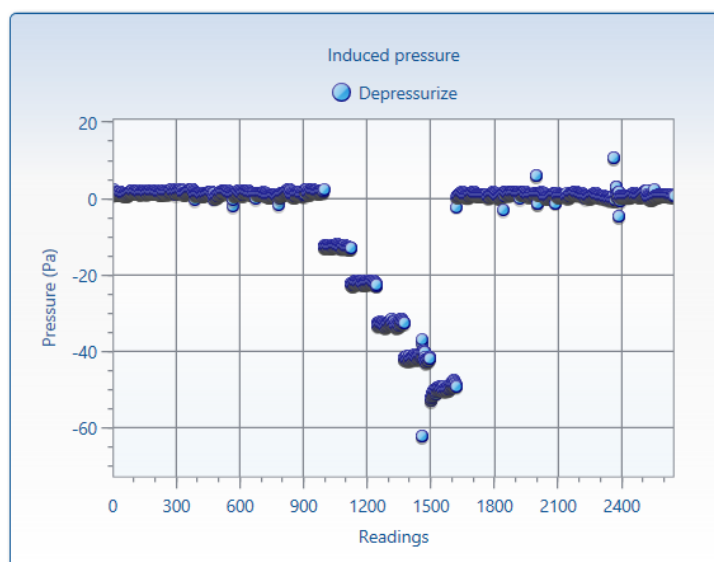


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	92,77	138,1	182,8	212,3	239,8
Pressão do Edifício (Pa)	-11,2	-21	-31,4	-41	-48,5

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,42	1,76	1,72	1,93	1,34	1,38	1,45	1,06	1,37	1,83
	ΔP_{01} :	1,53	ΔP_{01-} :	0,0	ΔP_{01+} :	1,53				
Pressão Diferencial final (Pa)	1,09	0,92	1,46	1,30	0,79	1,18	0,67	0,69	0,93	0,94
	ΔP_{02} :	1,0	ΔP_{02-} :	0,0	ΔP_{02+} :	1,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	18,3	37,8	63,3	83,6	104,9					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	241,50		2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	5,210		2,9%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	5,952		2,9%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	13,499		2,9%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d'Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV1.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 46,42 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 40,6 m²

ÁREA ÚTIL: 17,86 m²

GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 19,6 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 14,4 < 500 \text{ m} \cdot \text{°C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 19,9 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,3 C°

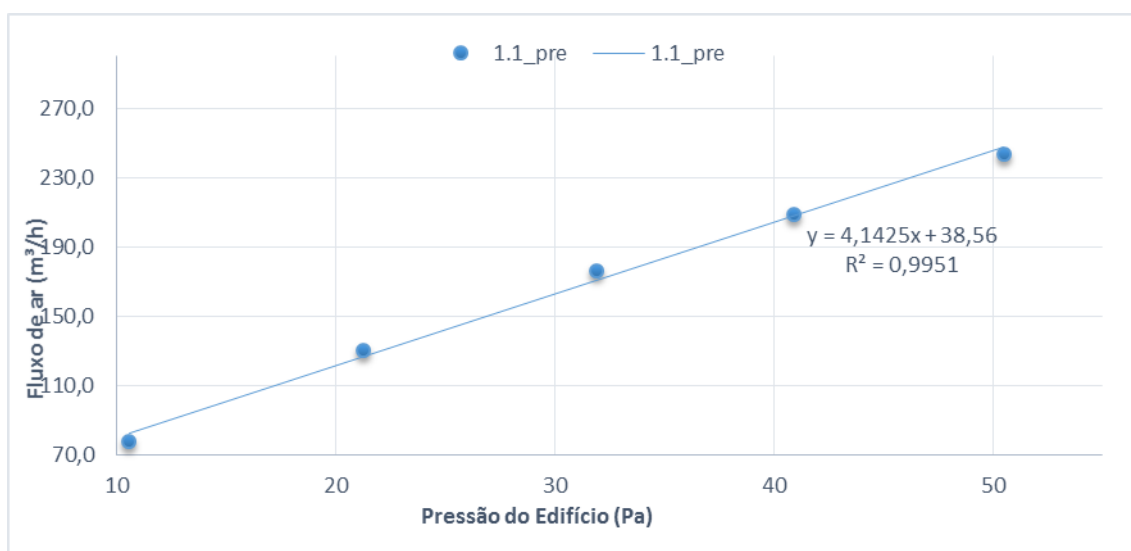
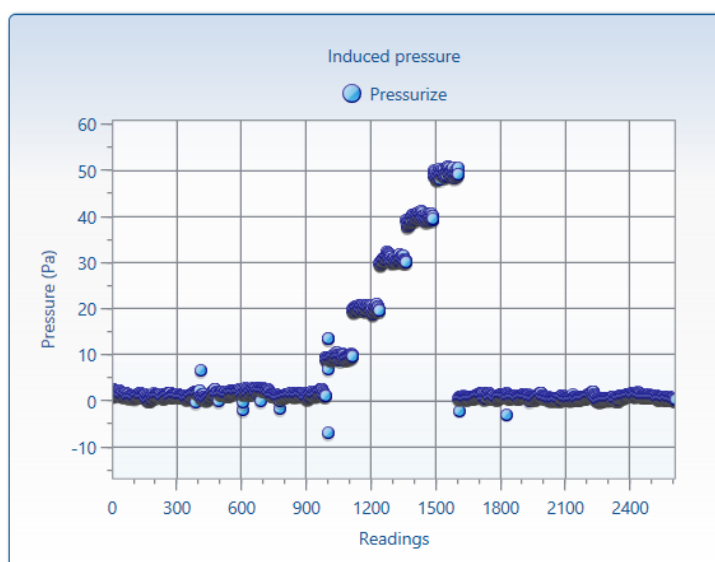


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	77,31	130,4	175,9	208,4	243,7
Pressão do Edifício (Pa)	10,6	21,3	31,9	40,9	50,5

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,49	0,95	1,25	1,17	1,41	1,85	2,11	1,75	1,27	1,50
	ΔP_{01} :	1,48	ΔP_{01-} :	0,0	ΔP_{01+} :	1,48				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,92	1,00	1,02	0,92	0,55	0,96	0,40	1,24	1,17	0,67
	ΔP_{02} :	0,89	ΔP_{02-} :	0,0	ΔP_{02+} :	0,89				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	21,1	55,4	90,9	121,6	158,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	245,50	0,8%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)	16,305
Renovações por hora			Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	5,290	2,2%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	16,304
Razão entre caudal escoado e área da envolvente			Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	6,046	2,1%	n (-)	0,693
Razão entre caudal de ar escoado e área útil			Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	13,753	2,1%	r (%)	100,00



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV1.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 46,42 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 40,6 m²

ÁREA ÚTIL: 17,86 m²

GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,3 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 23,2 C°

Altura do edifício × *Δt* = 69,6 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 22,9 C°

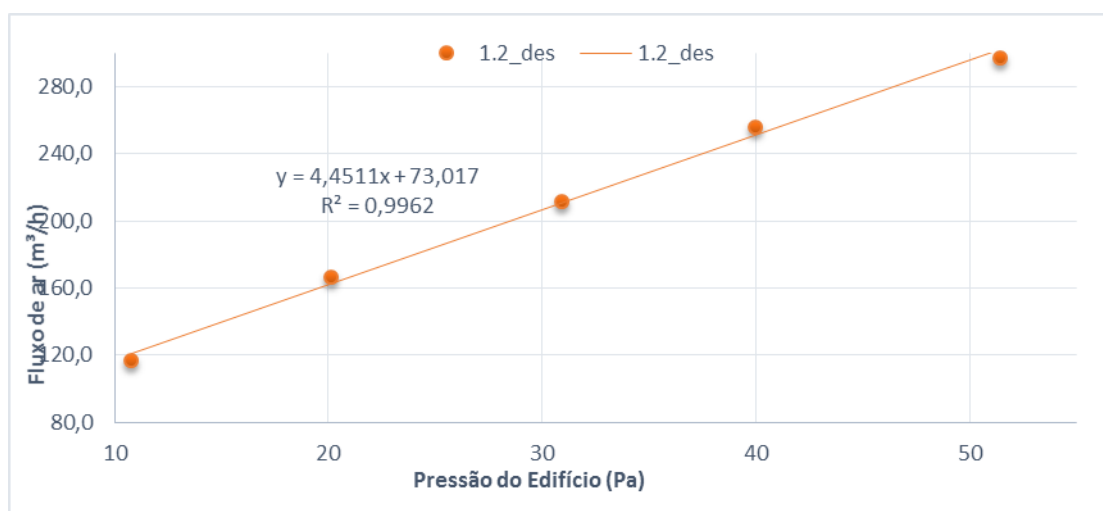
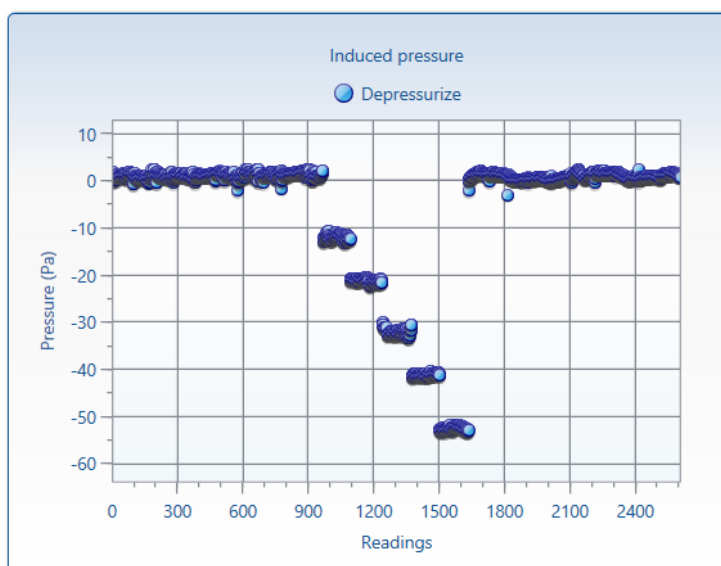


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	116,4	166,4	211,4	255,5	297,3
Pressão do Edifício (Pa)	-10,8	-20,1	-30,9	-40	-51,4

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,11	0,71	1,15	1,07	1,15	1,24	1,30	1,31	1,17	1,48
	ΔP ₀₁ :-	1,19	ΔP ₀₁ :-	0,0	ΔP ₀₁ :+	1,19				
Pressão Diferencial final (Pa)	1,31	1,44	0,31	0,43	0,51	1,30	1,60	0,93	0,80	1,38
	ΔP ₀₂ :-	1,0	ΔP ₀₂ :-	0,0	ΔP ₀₂ :+	1,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	26,6	51,5	80,6	114,6	152,6					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	285,50		3,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		3,6%	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	6,150		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	24,121
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		3,6%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	7,027		n (-)	0,632
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		3,6%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	15,939		r (%)	99,94



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV1.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 46,42 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 40,6 m²

ÁREA ÚTIL: 17,86 m²

GRELHAS: 0

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,0 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 22,8 C°

Altura do edifício × Δt = 43,2 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,3 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 23,2 C°

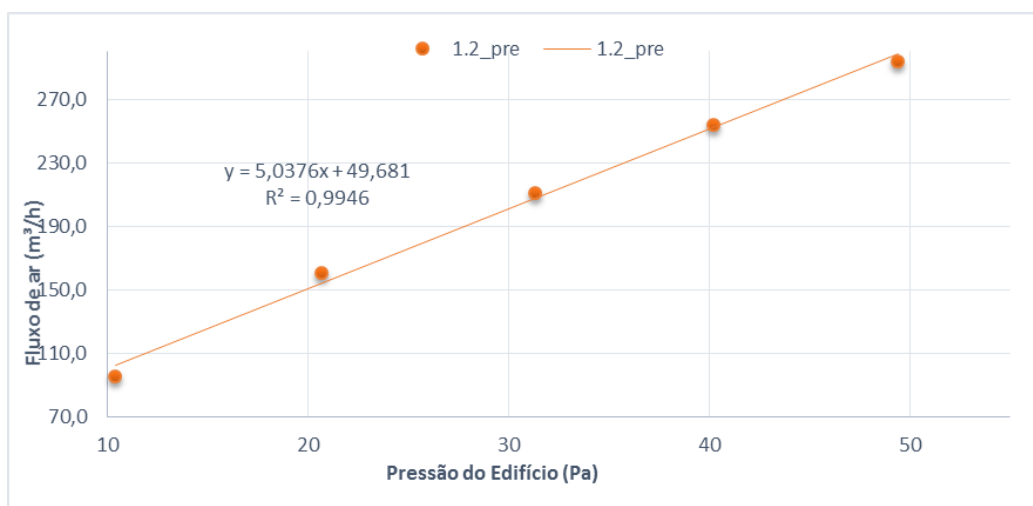
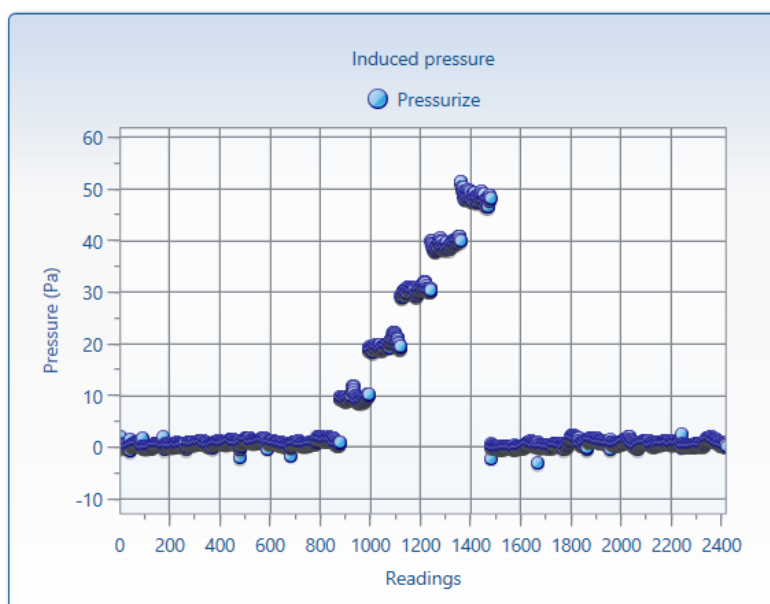


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	95,22	160,3	211,2	253,9	293,5
Pressão do Edifício (Pa)	10,4	20,7	31,3	40,2	49,4

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,42	0,71	0,41	0,56	0,79	1,04	1,30	0,78	0,79	1,52
	ΔP ₀₁ :	0,83	ΔP ₀₁ :-	0,0	ΔP ₀₁ :+	0,83				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,06	0,46	0,4	1,19	1,24	0,96	0,80	0,99	0,55	1,20
	ΔP ₀₂ :	0,78	ΔP ₀₂ :-	0,0	ΔP ₀₂ :+	0,78				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	29,3	69,8	113,2	115,7	201,3					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	299,26		1,9%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	6,450		2,8%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	7,371		2,8%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	16,719		2,8%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Código: PV2.1

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 19,9 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,2 C°

Altura do edifício × *Δt* = 7,2 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,6 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,5 C°

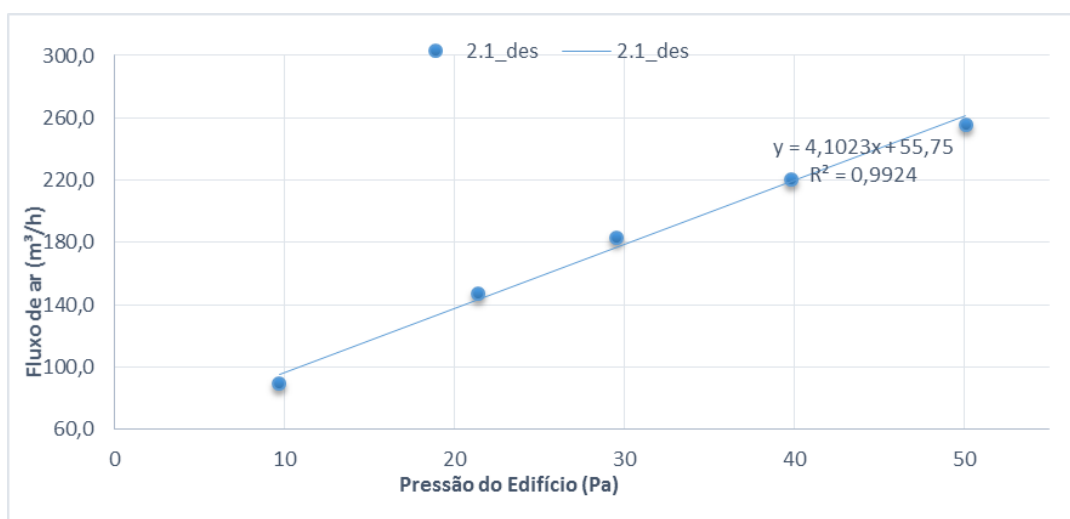
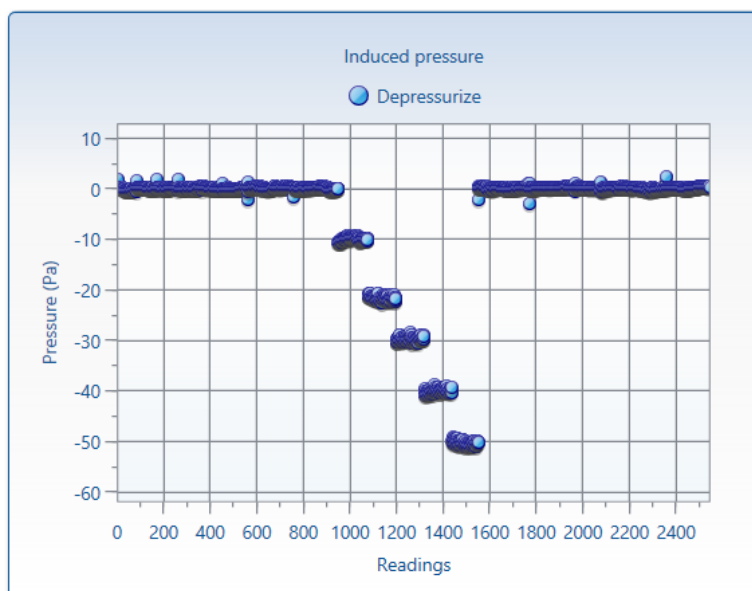


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	89,15	147,5	182,9	220,8	255,8
Pressão do Edifício (Pa)	-9,7	-21,4	-29,5	-39,8	-50,1

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,01	0,16	0,20	0,16	0,13	0,08	0,17	0,31	0,13	0,14
	ΔP ₀₁ :	0,15	ΔP ₀₁₋ :	0,0	ΔP ₀₁₊ :	0,15				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,18	0,14	0,19	0,31	0,26	0,14	0,22	-0,04	0,22	0,41
	ΔP ₀₂ :	0,2	ΔP ₀₂₋ :	-0,04	ΔP ₀₂₊ :	0,23				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	16,8	41,4	63	89,4	117,8					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	255,5		0,8%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	8,305		2,2%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	13,026		2,2%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	21,599		2,2%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV2.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,1 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,1 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 0 < 500 \text{ m} \cdot \text{C}^\circ$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 19,9 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,2 C°

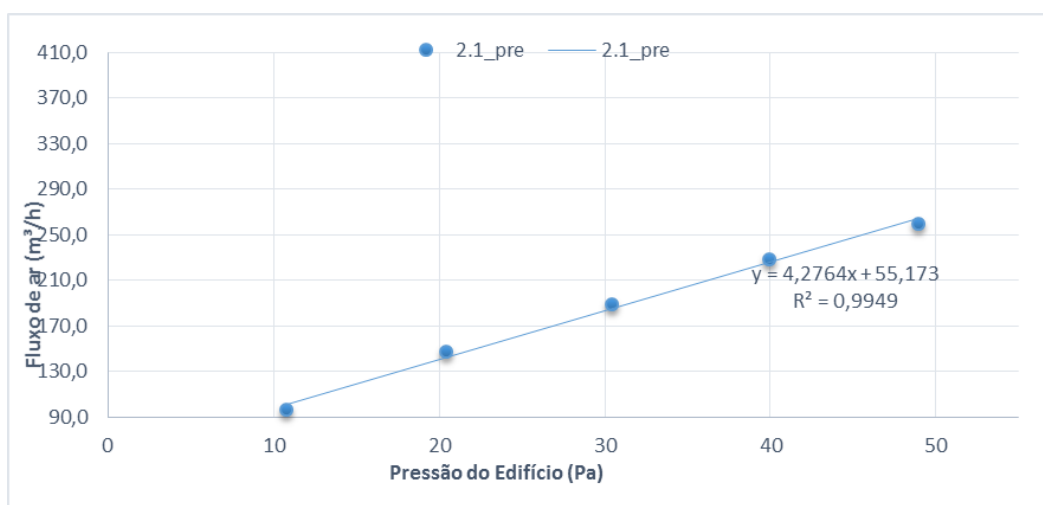
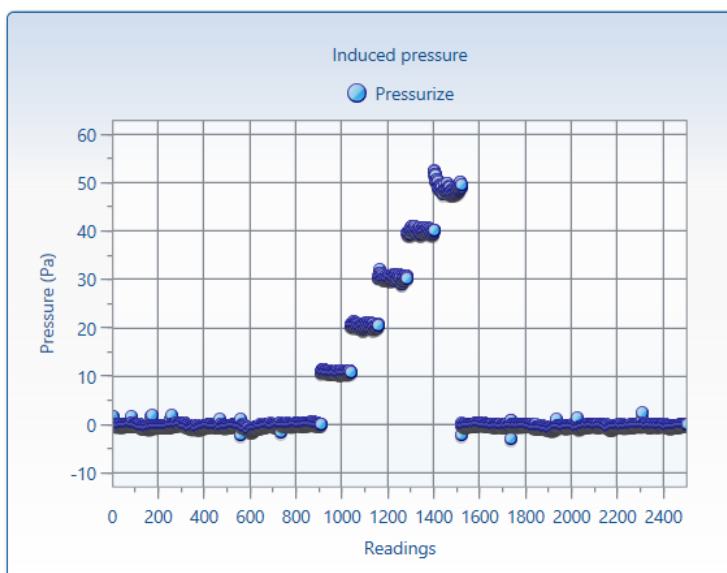


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	95,84	147,1	188,3	227,9	259,9
Pressão do Edifício (Pa)	10,8	20,4	30,4	39,9	48,9

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,06	-0,19	-0,17	-0,04	-0,26	-0,08	-0,66	-0,07	0,12	0,21
	ΔP_{01} :	-0,11	ΔP_{01-} :	-0,21	ΔP_{01+} :	0,13				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,06	-0,08	-0,05	-0,61	-0,22	-0,13	-0,27	-0,13	0,01	-0,13
	ΔP_{02} :	-0,15	ΔP_{02-} :	-0,2	ΔP_{02+} :	0,04				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	30	62,5	96,9	134,7	170,1					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	263,5		1,4%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	8,575		2,4%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	13,431		2,4%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	22,310		2,4%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV2.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 22,0 C°

Altura do edifício × $\Delta t = 16,8 < 500 \text{ m} \cdot \text{°C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,3 C°

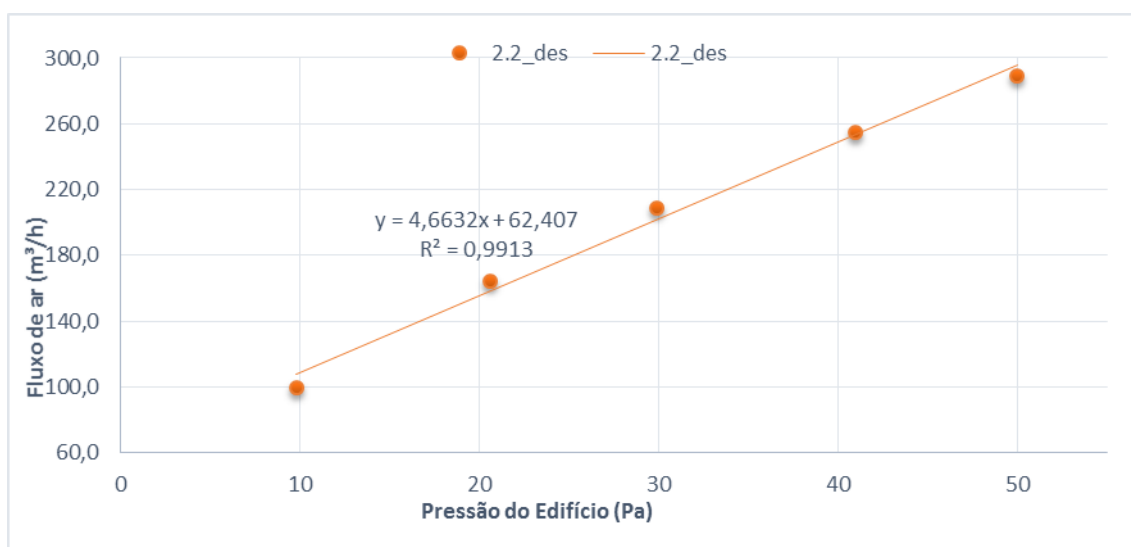
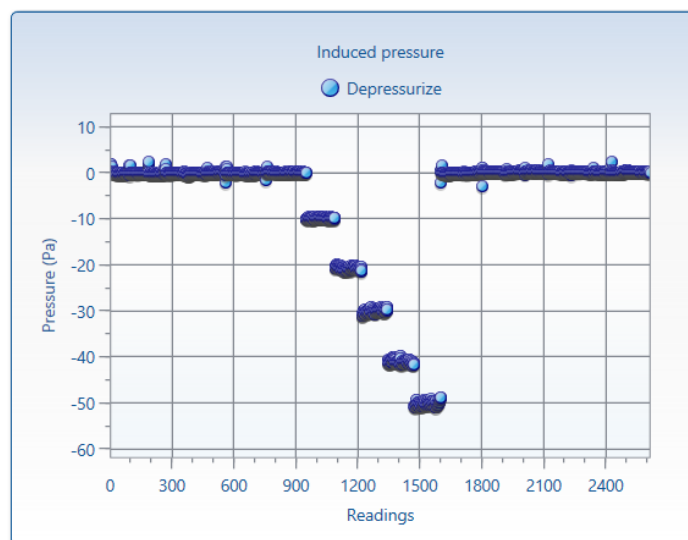


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	99,87	164,5	208,9	254,9	289,4
Pressão do Edifício (Pa)	-9,8	-20,6	-29,9	-41	-50

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,04	0,01	-0,11	0,02	-0,13	0,10	-0,02	-0,06	0,10	0,10
	ΔP_{01}	0,0	ΔP_{01-}	-0,08	ΔP_{01+}	0,06				
Pressão Diferencial final (Pa)	-0,08	0,06	0,20	0,21	0,33	0,20	0,19	0,13	0,21	0,23
	ΔP_{02}	0,17	ΔP_{02-}	-0,08	ΔP_{02+}	0,19				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	20,3	50,9	79,4	115,2	146,5					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	290,0		1,5%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	9,450		2,5%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	14,799		2,5%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	24,581		2,5%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV2.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 22,9 C°

Altura do edifício × Δt = 38,4 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 22,0 C°

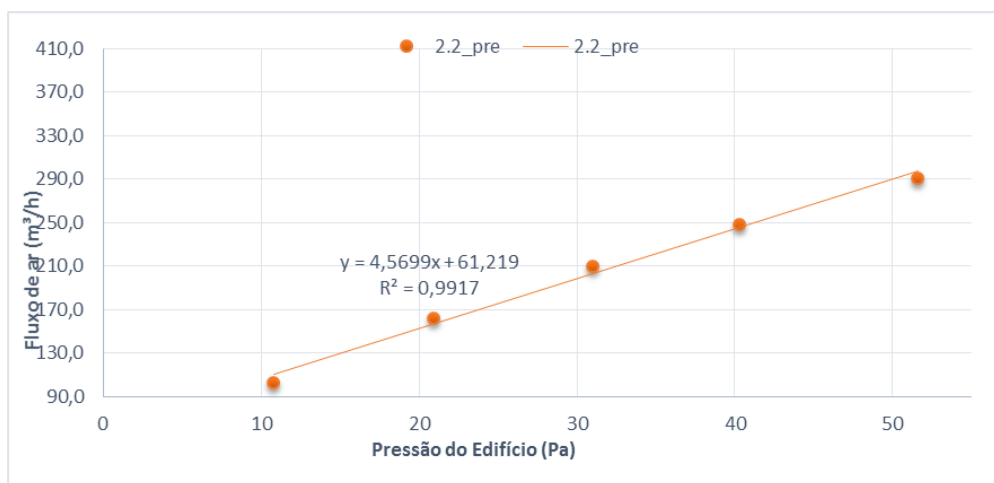
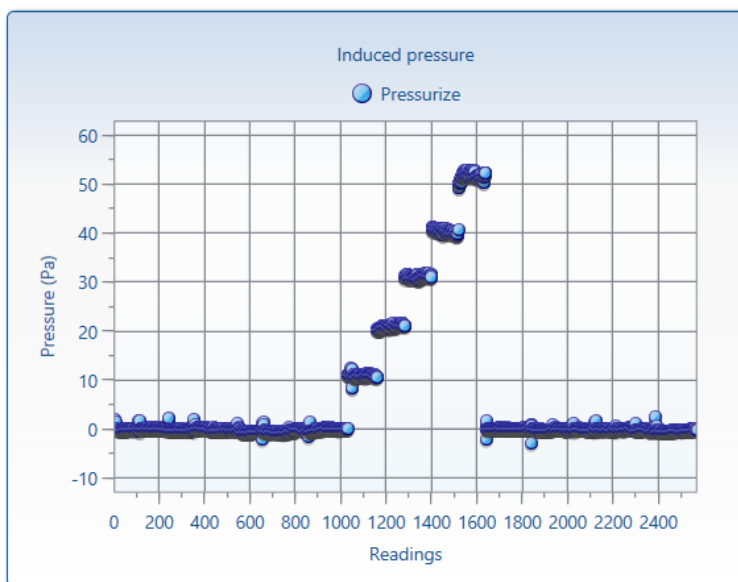


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	99,87	164,5	208,9	254,9	289,4
Pressão do Edifício (Pa)	-9,8	-20,6	-29,9	-41	-50

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,00	0,13	-0,08	0,14	-0,09	-0,48	-0,55	-0,19	-0,05	0,06
	ΔP _{01:}	-0,11	ΔP _{01-:}	-0,24	ΔP _{01+:}	0,08				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,10	0,07	-0,10	0,02	-0,07	-0,04	0,05	-0,15	-0,33	-0,20
	ΔP _{02:}	-0,06	ΔP _{02-:}	-0,15	ΔP _{02+:}	0,06				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	32,5	70,6	11,5	150,4	200,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	286,0		2,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	9,310		2,8%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	14,582		2,8%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	24,221		2,8%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV2.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

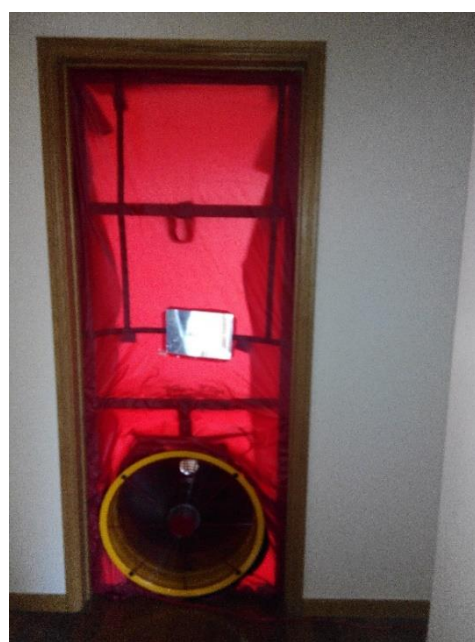
TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 2,4 < 500 \text{ m. } ^\circ\text{C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,0 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,7 C°

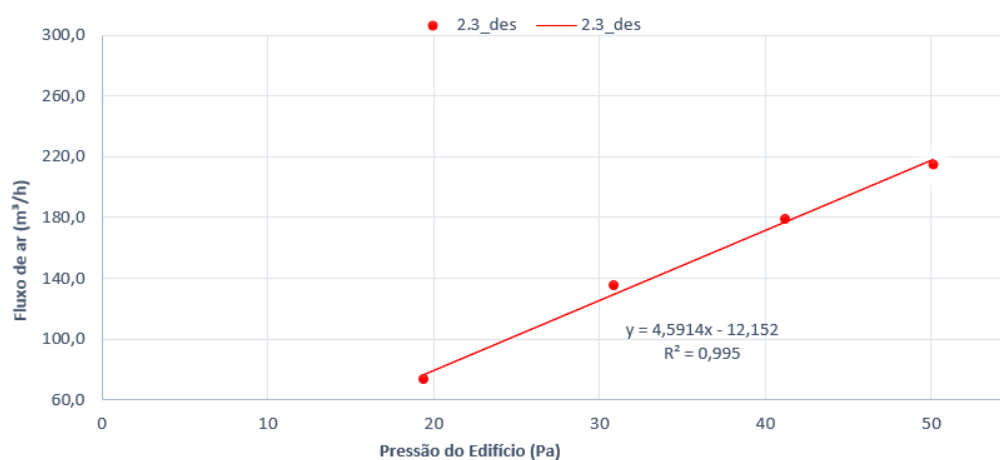
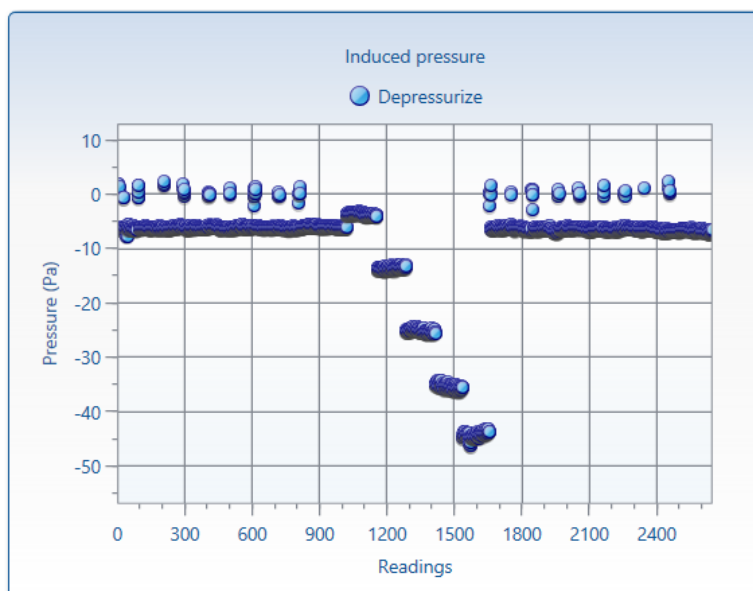


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)		73,13	135	178,7	214,7
Pressão do Edifício (Pa)		-19,4	-30,9	-41,2	-50,1

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-5,28	-5,79	-5,80	-5,65	-5,56	-5,75	-5,55	-5,78	-5,45	-5,93
	ΔP_{01} :	-5,65	ΔP_{01-} :	-5,65	ΔP_{01+} :	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-5,73	-6,10	-5,99	-5,85	-5,92	-5,97	-5,84	-6,38	-6,14	-6,69
	ΔP_{02} :	-6,06	ΔP_{02-} :	-6,06	ΔP_{02+} :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	7,8	129,8	36,7	61	85,3					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	244,5		11,2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	7,965		11,4%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	12,477		11,4%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	20,725		11,4%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d'Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV2.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 30,7 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 19,6 m²

ÁREA ÚTIL: 11,8 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,0 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,7 C°

Altura do edifício × Δt = 7,2 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,0 C°

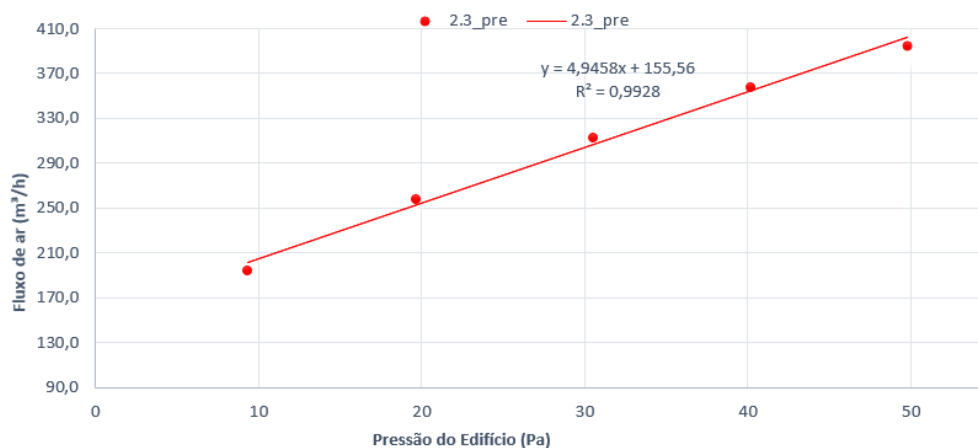
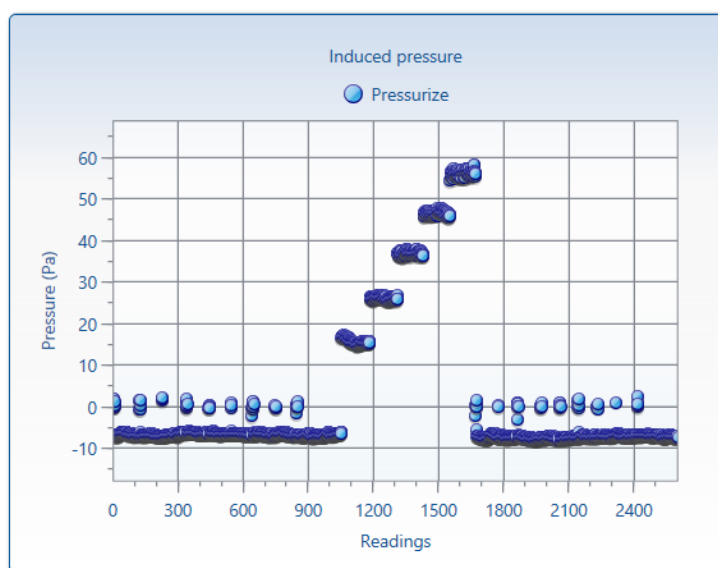


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	194,1	257,9	312,7	357,8	394,7
Pressão do Edifício (Pa)	9,3	19,7	30,5	40,2	49,8

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-5,93	-6,39	-6,40	-5,83	-5,99	-6,21	-6,00	-6,22	-6,45	-6,64
	ΔP ₀₁ :	-6,21	ΔP ₀₁₋ :	-6,21	ΔP ₀₁₊ :	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-6,68	-7,05	-6,99	-7,00	-6,87	-6,63	-6,60	-6,80	-6,42	-7,06
	ΔP ₀₂ :	-6,81	ΔP ₀₂₋ :	-6,81	ΔP ₀₂₊ :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	77,1	135,4	197,5	256,7	312					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	369,5		0,6%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
$R_{ph_{50}}$ (h ⁻¹)	12,05		2,1%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	18,857		2,1%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	31,322		2,1%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d' Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV3.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,5 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 7,2 < 500 \text{ m.}^{\circ}\text{C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,1 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 19,5 C°

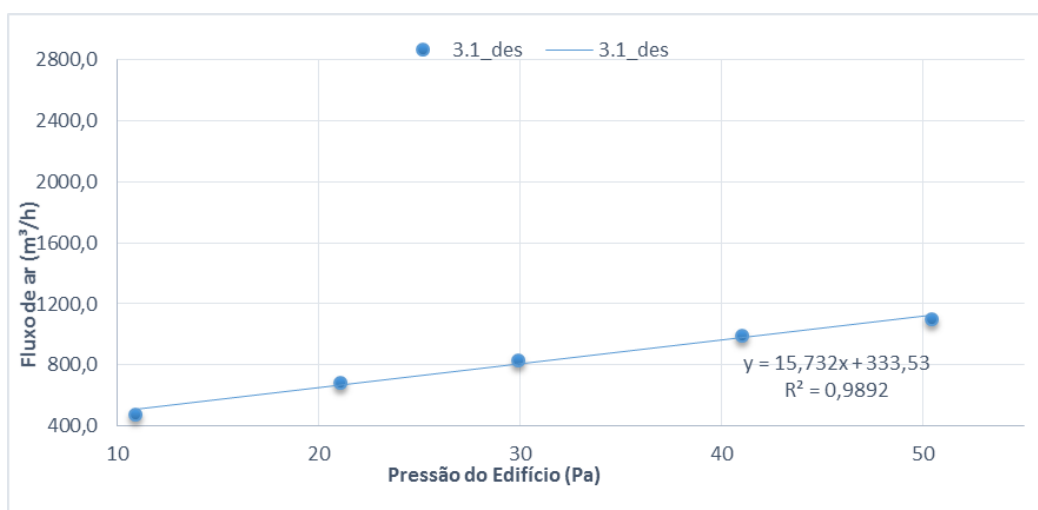
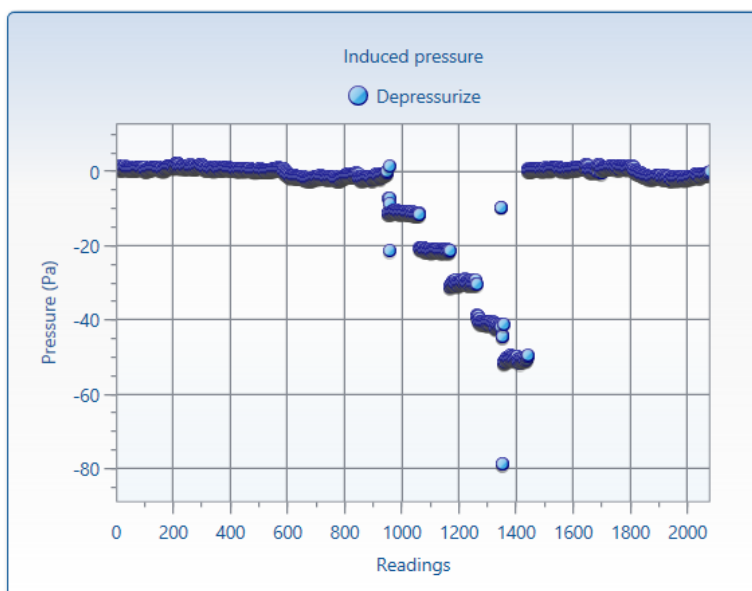


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	475,5	684,9	826,7	992,2	1100
Pressão do Edifício (Pa)	-10,9	-21,1	-29,9	-41	-50,4

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,94	0,88	1,43	0,95	0,63	0,52	-1,27	-1,60	-1,39	-1,31
	ΔP_{01} :	-0,02	ΔP_{01} :	-1,39	ΔP_{01+} :	0,89				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,62	0,86	0,77	0,71	1,14	1,18	-0,58	-1,46	-1,73	-1,01
	ΔP_{02} :	0,05	ΔP_{02} :	-1,2	ΔP_{02+} :	0,88				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	20,8	42,6	61,6	88,1	107,7					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1099,3		1,1%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,583		2,3%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,598		2,3%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	9,316		2,3%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV3.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,1 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 19,5 C°

Altura do edifício × *Δt* = 14,4 < 500 m.°C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,1 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 19,5 C°

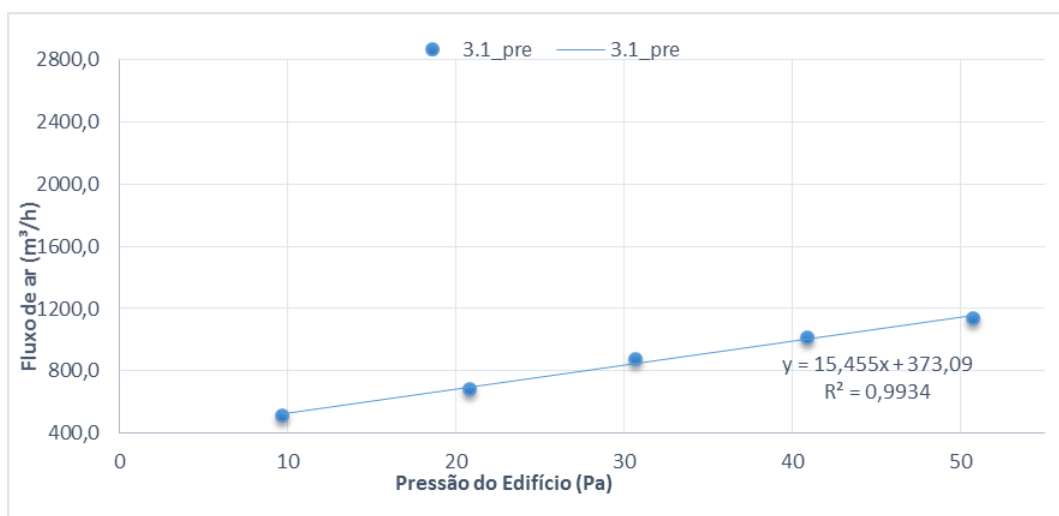
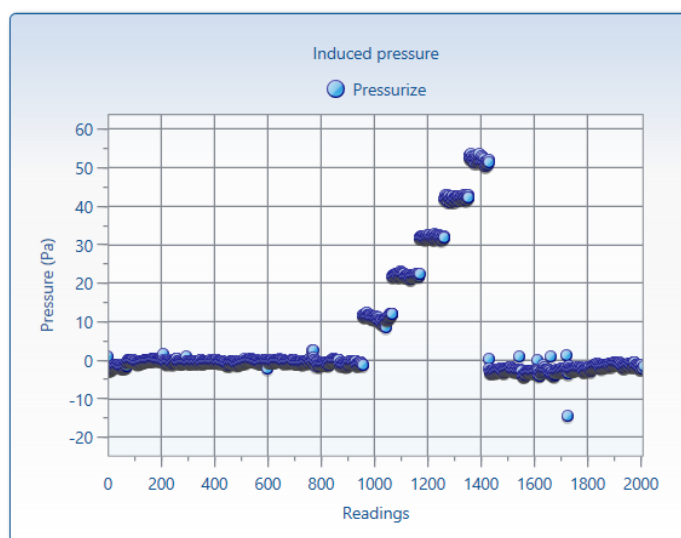


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	513,6	683,6	878,3	1015	1138
Pressão do Edifício (Pa)	9,7	20,8	30,7	40,9	50,8

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-1,19	-0,03	-0,32	-0,30	-0,55	-0,12	-0,21	-0,24	-0,51	-0,81
	ΔP_{01} :	-0,43	ΔP_{01-} :	-0,43	ΔP_{01+} :	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-2,64	-2,37	-3,04	-2,73	-2,72	-2,39	-1,98	-1,25	-1,04	-1,33
	ΔP_{02} :	-2,16	ΔP_{02-} :	-2,16	ΔP_{02+} :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	33,8	63,2	99,9	132,8	165,7					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1100		7,1%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		7,3%	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,590		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	143,39
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		7,3%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,604		n (-)	0,521
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		7,3%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	9,329		r (%)	99,58



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV3.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,5 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 22,9 C°

Altura do edifício × Δt = 33,6 < 500 m.°C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,4 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 22,1 C°

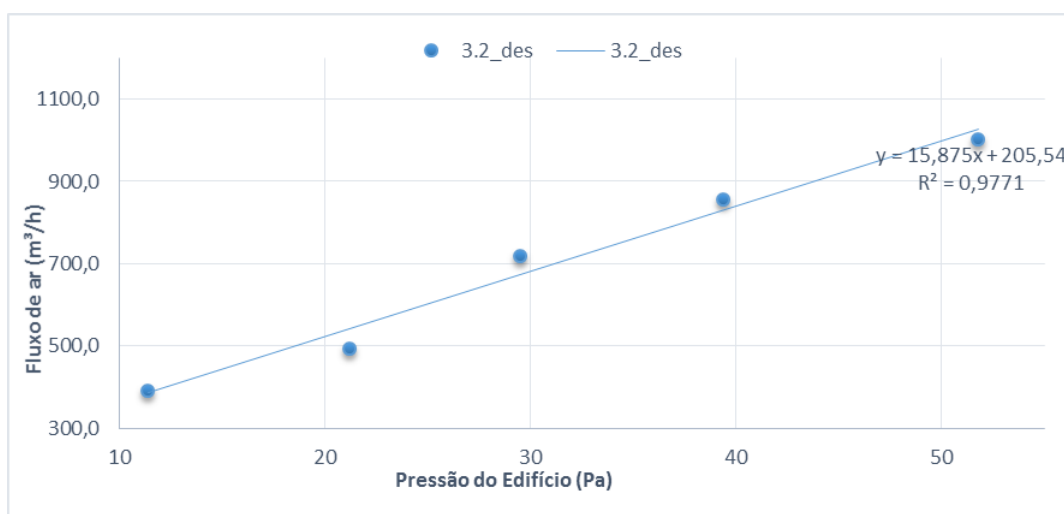
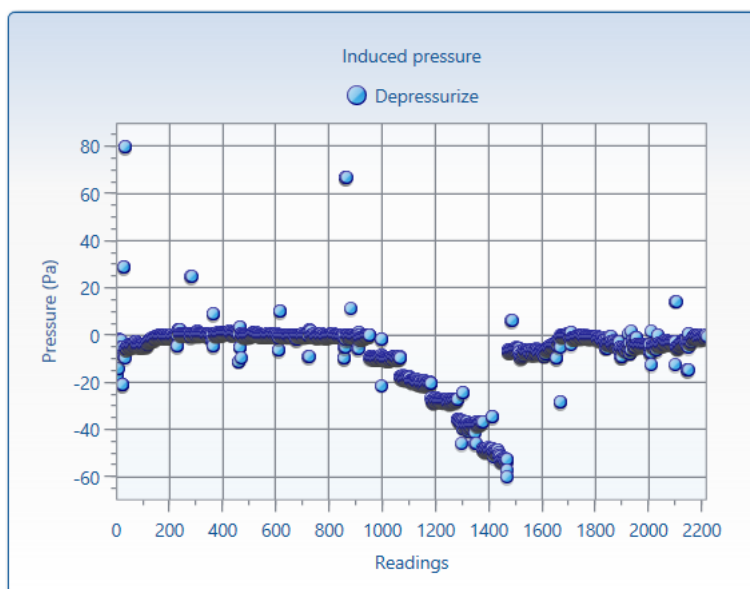


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	391,6	492,4	718,4	856,9	1002
Pressão do Edifício (Pa)	-11,4	-21,2	-29,5	-39,4	-51,8

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-3,30	-1,24	0,95	0,44	0,39	0,18	0,10	-0,15	0,74	0,33
	ΔP ₀₁ :	-0,16	ΔP ₀₁₋ :	-1,57	ΔP ₀₁₊ :	0,45				
Pressão Diferencial final (Pa)	-6,53	-6,67	-2,67	-0,67	-1,46	-4,20	-4,20	-4,02	-3,43	-1,06
	ΔP ₀₂ :	-3,49	ΔP ₀₂₋ :	-3,49	ΔP ₀₂₊ :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	14,1	22,4	46,5	65,7	89,2					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	986,5		19,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,215		19,1%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,125		19,1%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	8,359		19,1%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV3.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 22,0 C°

Altura do edifício × Δt = 16,8 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,5 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 22,9 C°

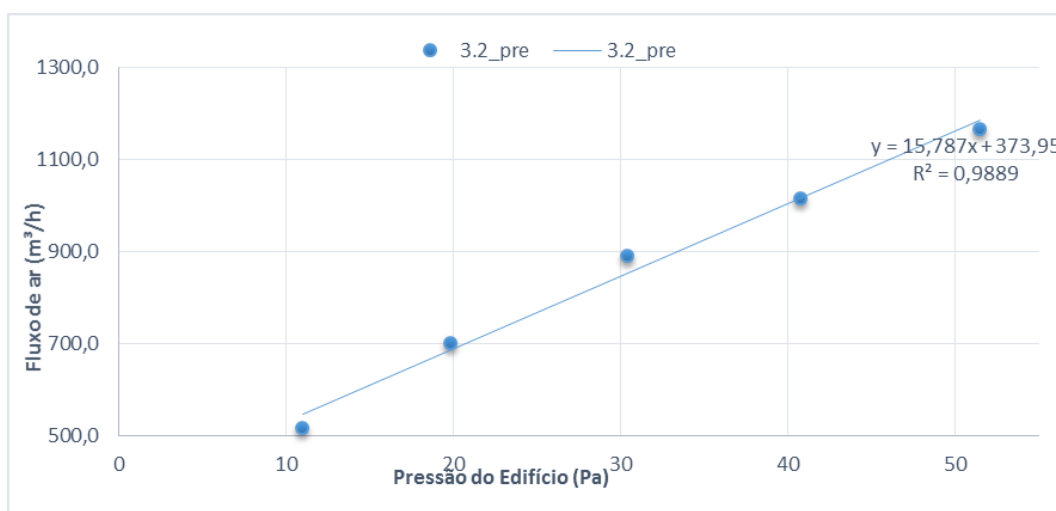
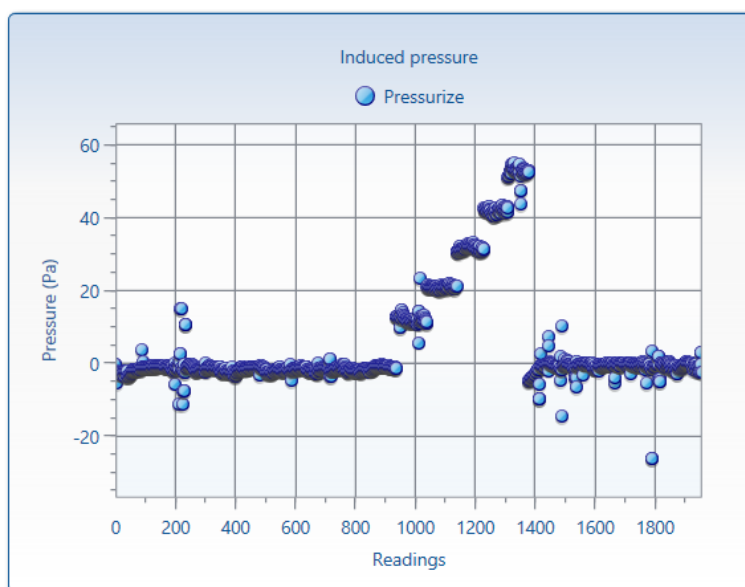


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	517,3	701,2	891,6	1015	1168
Pressão do Edifício (Pa)	11	19,8	30,4	40,8	51,5

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-2,34	-0,87	-0,95	-1,69	-1,57	-1,91	-1,62	-1,36	-1,84	-1,04
	ΔP _{01:}	-1,52	ΔP _{01-:}	-1,52	ΔP _{01+:}	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-2,27	-0,64	-0,69	-0,61	-0,42	-0,43	-0,39	-1,60	-0,95	-0,52
	ΔP _{02:}	-0,85	ΔP _{02-:}	-0,85	ΔP _{02+:}	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	35,5	64,3	101,7	132,7	172,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1130		2,4%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,685		3,1%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,727		3,1%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	9,579		3,1%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,4 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,9 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 12 < 500$ m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,4 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,3 C°

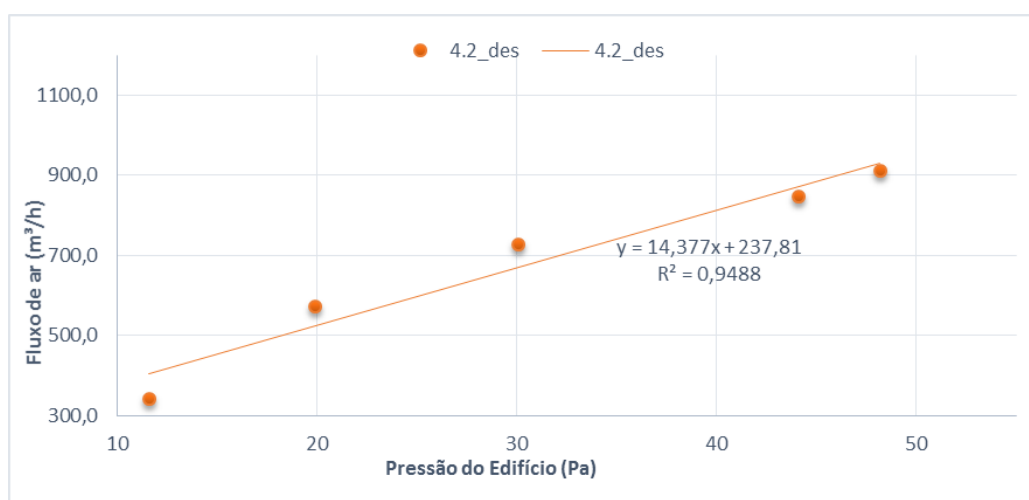
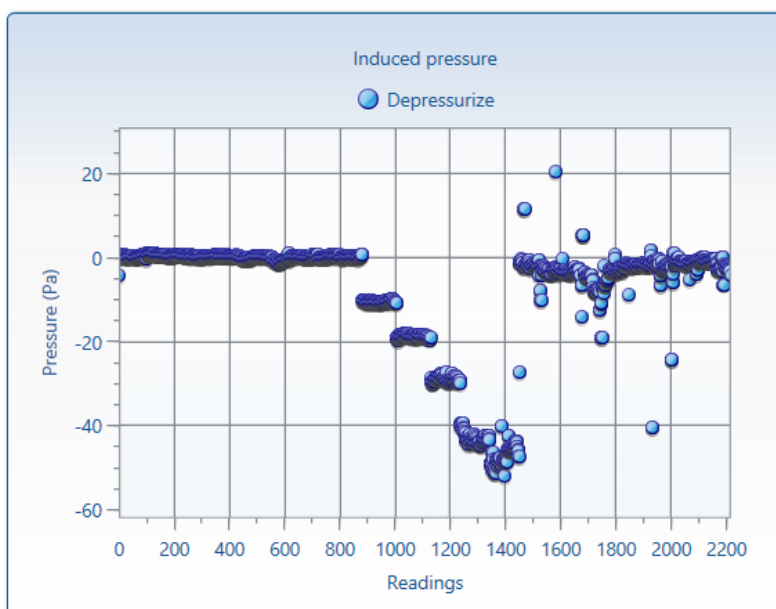


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	340,6	573,1	728,4	848,2	911,4
Pressão do Edifício (Pa)	-11,6	-19,9	-30,1	-44,1	-48,2

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,33	0,72	0,42	0,39	0,16	0,25	-0,41	0,30	0,32	0,27
	ΔP_{01} :	0,28	ΔP_{01-} :	-0,41	ΔP_{01+} :	0,35				
Pressão Diferencial final (Pa)	-0,88	-2,98	-2,87	-7,12	-3,55	-1,86	-2,92	-2,26	-0,91	-2,24
	ΔP_{02} :	-2,76	ΔP_{02-} :	-2,76	ΔP_{02+} :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	21,7	60,3	96,5	130	149,6					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	974,0		17,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,175		17,1%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,074		17,1%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	8,256		17,1%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,4 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 2,4 < 500 m. ^\circ C$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,5 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 22,0 C°

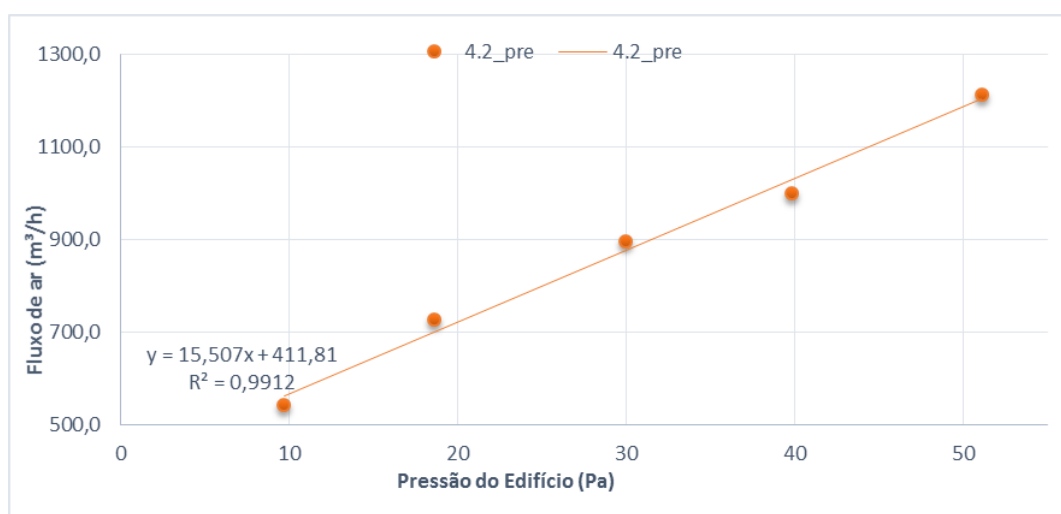
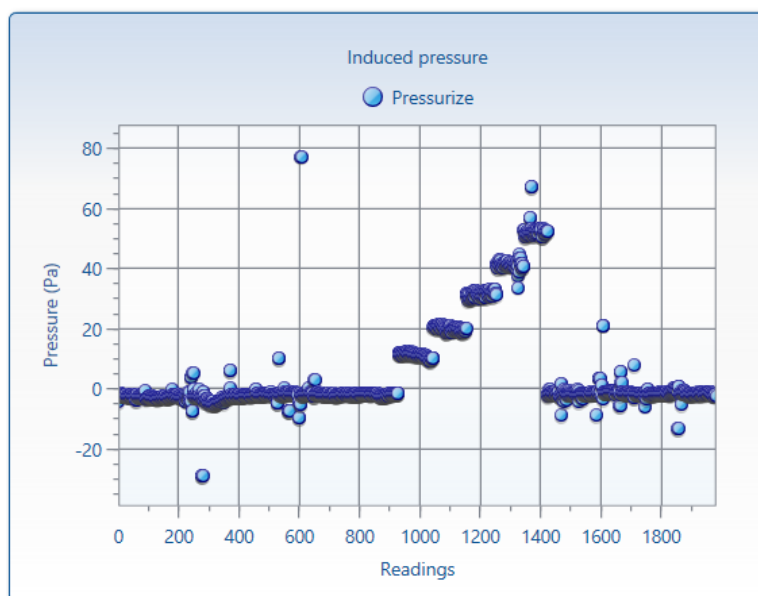


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	541,1	725,4	895,3	999,9	1211
Pressão do Edifício (Pa)	9,7	18,6	30	39,8	51,1

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-2,20	-2,67	-2,24	-4,32	-1,82	-1,52	-0,26	-1,56	-1,73	-1,76
	ΔP_{01-}	-2,01	ΔP_{01-}	-2,01	ΔP_{01+}	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-1,42	-1,57	-1,5	0,40	-1,03	-1,51	-1,44	-1,34	-1,52	-1,43
	ΔP_{02-}	-1,24	ΔP_{02-}	-1,42	ΔP_{02+}	0,4				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	63,6	114,4	172,7	219,4	180,1					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1135		6,1%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	3,705		6,4%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,754		6,4%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	9,632		6,4%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.3_b

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 120,9 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 19,6 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício × $\Delta t = 40,8 < 500 \text{ m} \cdot \text{°C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,8 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,3 C°

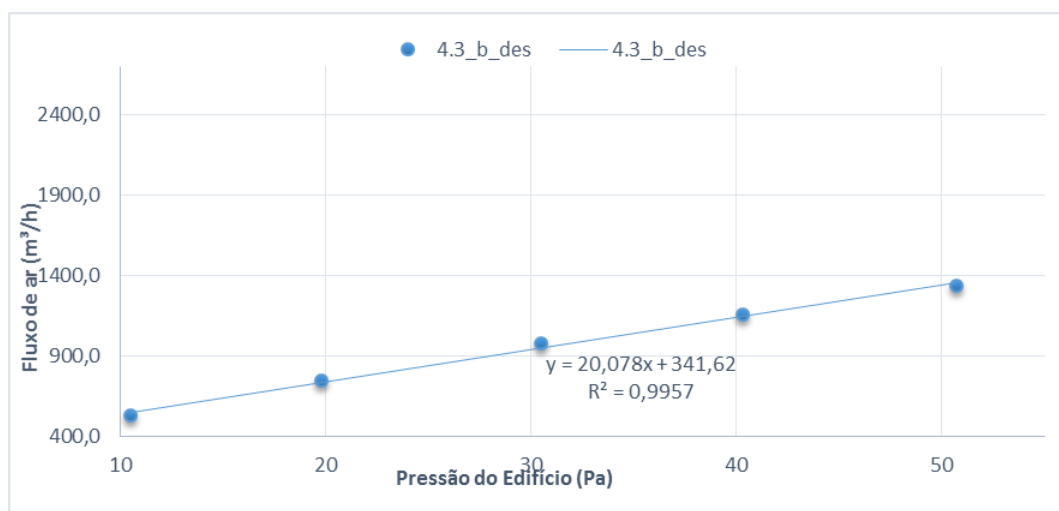
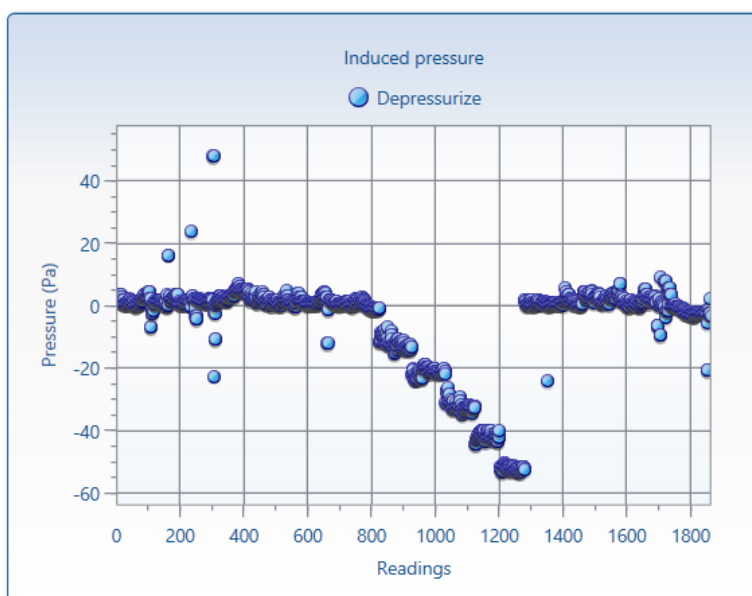


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	530,8	747,3	979,9	1160	1338
Pressão do Edifício (Pa)	-10,5	-19,8	-30,5	-40,3	-50,7

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,79	2,24	1,90	1,29	2,19	3,89	1,89	1,77	1,20	0,45
	$\Delta P_{01:}$	1,8	$\Delta P_{01-:}$	0,0	$\Delta P_{01+:}$	1,8				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,95	0,14	2,20	3,02	2,32	1,65	1,56	1,45	-1,35	-2,93
	$\Delta P_{02:}$	0,84	$\Delta P_{02-:}$	-2,31	$\Delta P_{02+:}$	1,63				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	25,5	49,8	84,5	117,4	154,9					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1300,0		2,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	4,231		2,8%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	10,736		2,8%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	11,000		2,8%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.3_b

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,8 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício × Δt = 60 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,7 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,3 C°

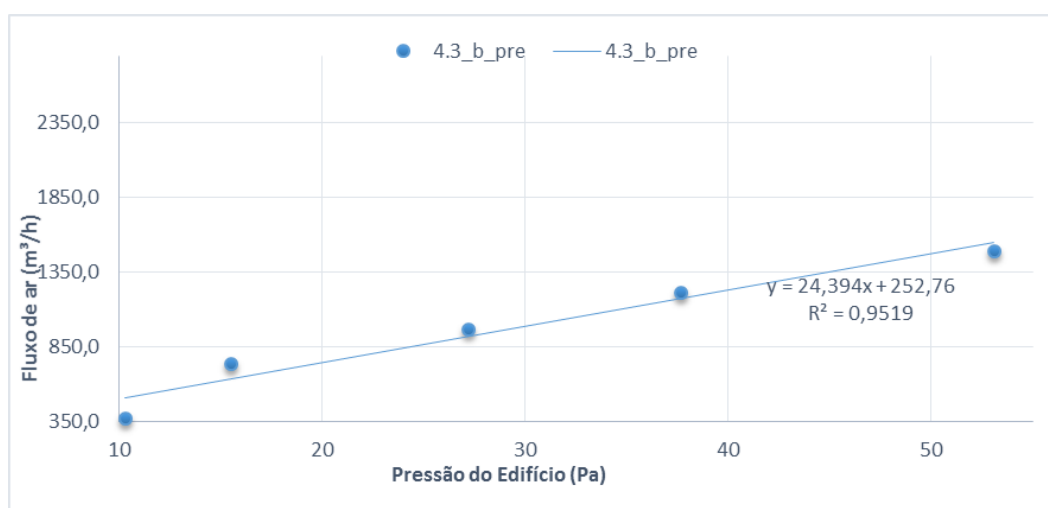
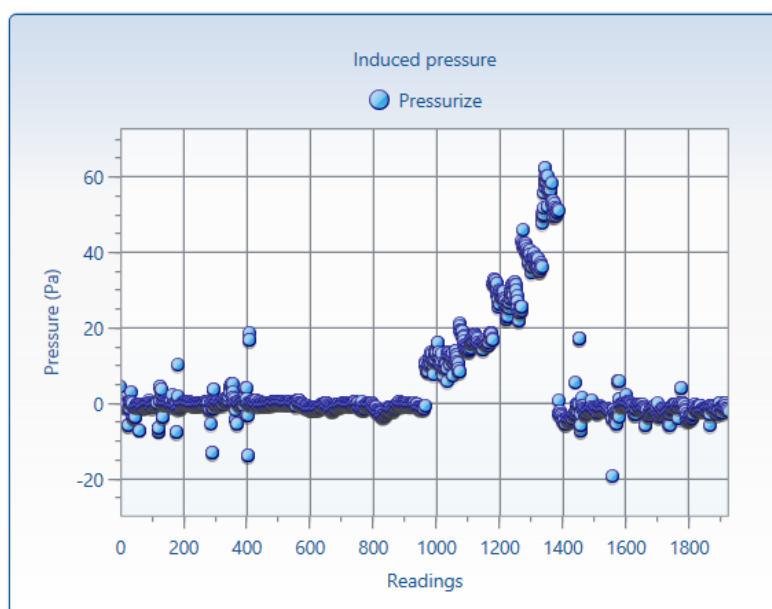


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	370,1	735,3	961,2	1214	1491
Pressão do Edifício (Pa)	10,3	15,5	27,2	37,7	53,1

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-0,89	-0,44	-0,04	0,22	0,43	0,25	-0,94	-0,25	-1,49	-0,43
	ΔP _{01:}	-0,36	ΔP _{01:}	-0,64	ΔP _{01+:}	0,3				
Pressão Diferencial final (Pa)	-3,82	-0,70	-1,40	-1,54	-0,69	-1,87	-2,29	-1,45	-1,50	-1,32
	ΔP _{02:}	-1,66	ΔP _{02:}	-1,66	ΔP _{02+:}	0,4				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	24,2	64,7	110,5	168,8	248,2					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1500		35,9%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		36,0%	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	4,885		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	58,663
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		36,0%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	6,267		n (-)	0,828
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		36,0%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	12,699		r (%)	96,68



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,7 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,9 C°

Altura do edifício × Δt = 19,2 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,6 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,4 C°

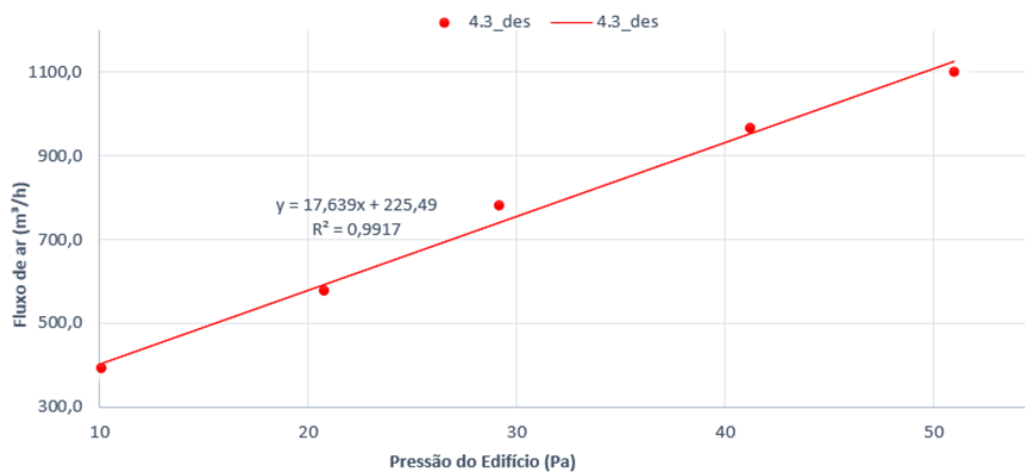
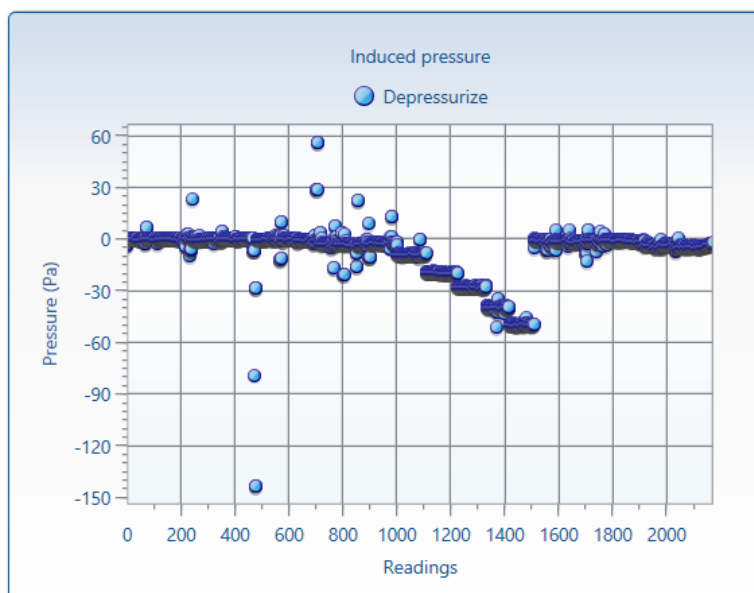


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	391,1	576,6	780,2	964,9	1101
Pressão do Edifício (Pa)	-10,1	-20,8	-29,2	-41,2	-51

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,20	0,05	-0,03	0,27	-4,44	0,04	1,86	-2,84	-2,66	-2,42
	ΔP _{01:}	-1,0	ΔP _{01:}	-2,48	ΔP _{01+:}	0,48				
Pressão Diferencial final (Pa)	-1,06	-1,18	-1,25	-1,09	-0,63	-0,85	-3,47	-3,42	-4,09	-3,82
	ΔP _{02:}	-2,09	ΔP _{02:}	-2,09	ΔP _{02+:}	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	14,2	30,6	55,1	83,5	108					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1095,0		10,0%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		10,2%	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	3,570		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	104,24
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		10,2%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	4,580		n (-)	0,601
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		10,2%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	9,281		r (%)	99,54



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV4.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,9 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,6 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 7,2 < 500 \text{ m.}^\circ\text{C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,7 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,9 C°

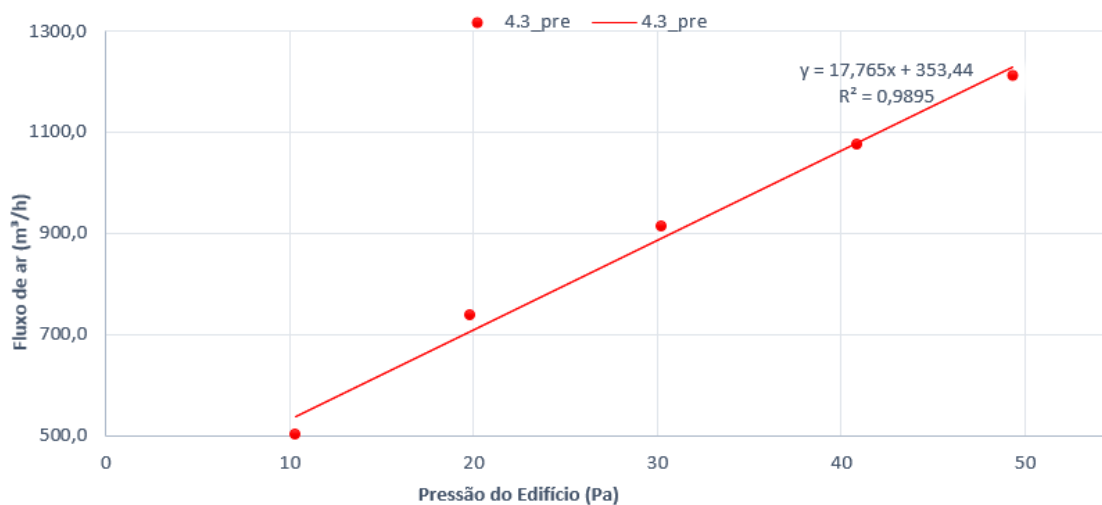
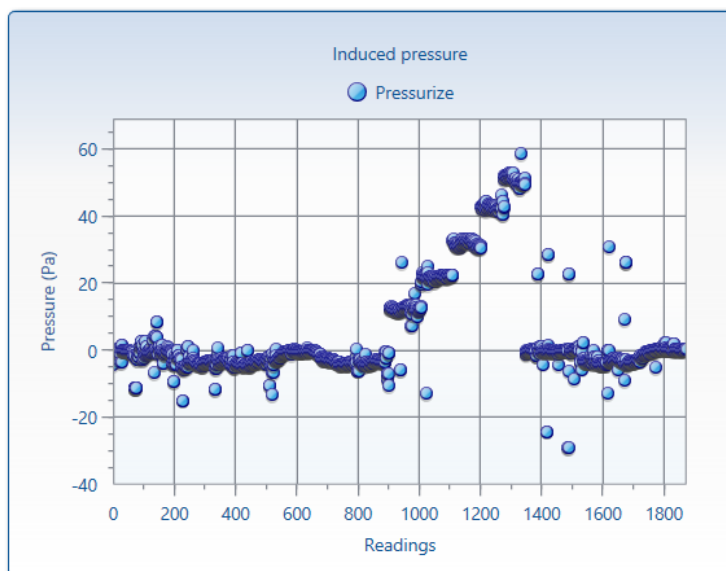


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	500,3	738,5	914	1076	1212
Pressão do Edifício (Pa)	10,3	19,8	30,2	40,9	49,3

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-1,25	0,21	-3,14	-3,72	-3,53	-3,66	-0,70	-1,66	-3,83	-3,62
	ΔP_{01} :	-0,93	ΔP_{01} :	-1,51	ΔP_{01} :	0,42				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,61	-0,07	-0,59	-1,83	-3,40	-2,43	-1,41	-0,84	0,36	0,30
	ΔP_{02} :	-0,93	ΔP_{02} :	-1,51	ΔP_{02} :	0,42				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	33,6	68,8	104,4	143,1	177,9					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1195		3,8%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	3,895		4,3%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	5,000		4,3%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	10,131		4,3%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d' Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV5.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,5 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício × Δt = 67,2 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,0 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,2 C°

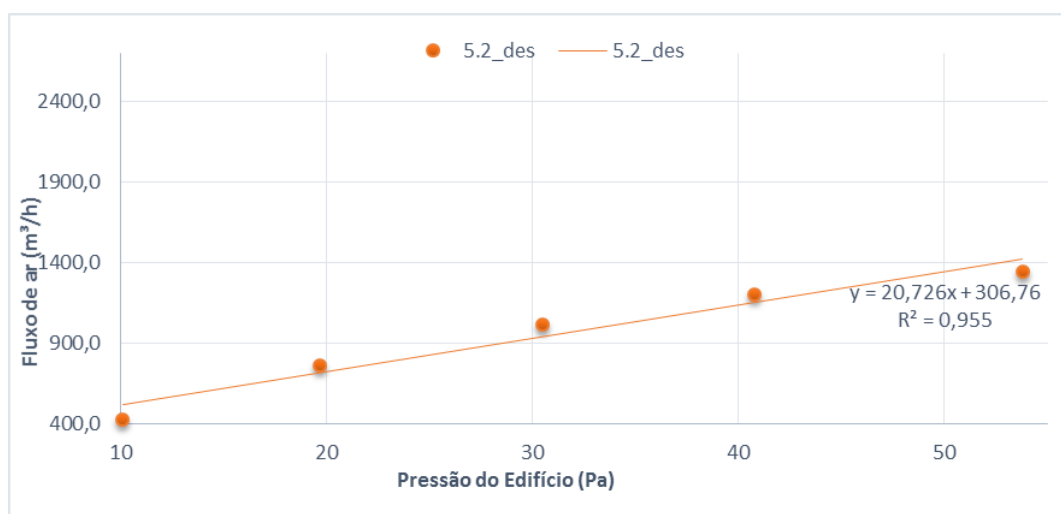
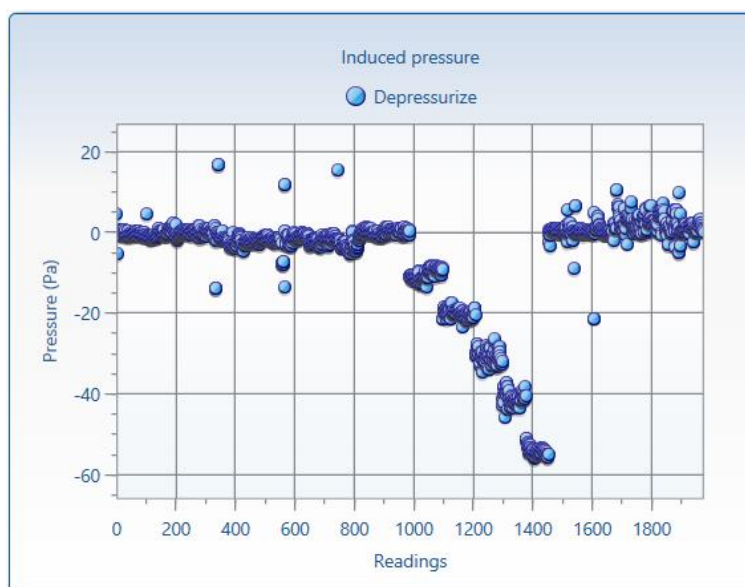


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	425,9	762,3	1014	1197	1345
Pressão do Edifício (Pa)	-10,1	-19,7	-30,5	-40,8	-53,8

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-0,16	-0,19	-0,03	-0,85	-2,15	-1,83	-1,56	-2,03	-0,75	0,42
	ΔP _{01:}	-0,91	ΔP _{01:}	-1,06	ΔP _{01:}	0,42				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,38	0,44	-0,61	0,57	2,98	2,28	2,96	2,15	0,85	1,32
	ΔP _{02:}	1,33	ΔP _{02:}	-0,61	ΔP _{02:}	1,55				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	16,6	51,5	90	124,3	156,1					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1360,0		14,3%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora			Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	4,430		14,4%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente			Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	5,684		14,4%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil			Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	11,518		14,4%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV5.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,3 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,3 C°

Altura do edifício × $\Delta t = 72 < 500 \text{ m} \cdot \text{C}^\circ$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,5 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,3 C°

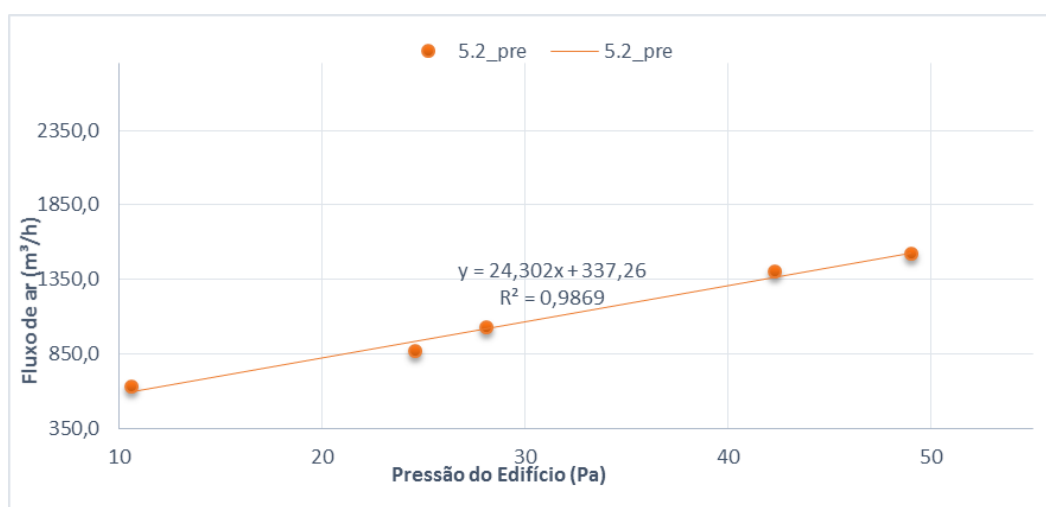
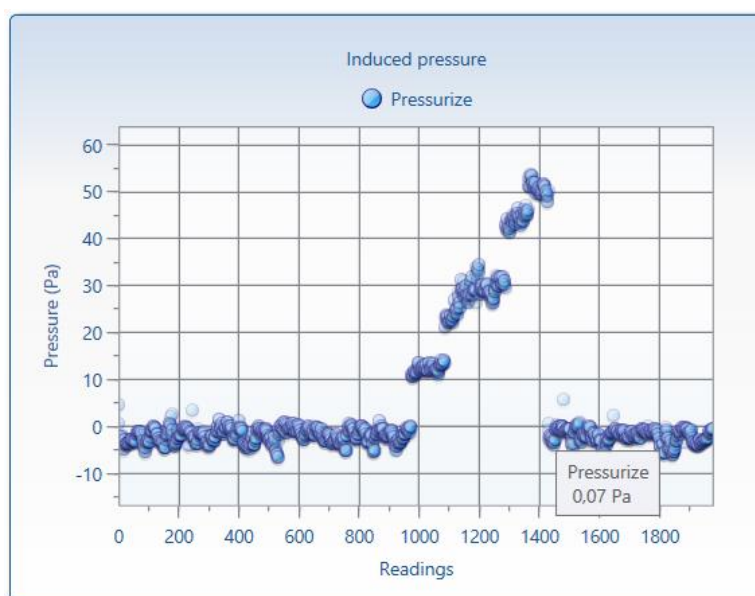


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	627,5	866,9	1028	1402	1519
Pressão do Edifício (Pa)	10,6	24,6	28,1	42,3	49

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-2,63	-2,15	-1,68	-1,40	-2,27	-1,67	-0,78	-2,30	-1,79	-1,71
	ΔP_{01} :	-1,84	ΔP_{01} :	-1,84	ΔP_{01} :	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-1,32	-0,97	-1,59	-3,04	-1,40	-1,41	-2,28	-2,74	-2,22	-2,21
	ΔP_{02} :	-1,92	ΔP_{02} :	-1,92	ΔP_{02} :	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	46,7	92,9	123,2	215,7	251,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	1460		16,2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	4,75		16,3%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	6,096		16,3%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	12,353		16,3%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV5.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 18,0 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,2 C°

Altura do edifício × Δt = 76,8 < 500 m.°C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 17,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,2 C°

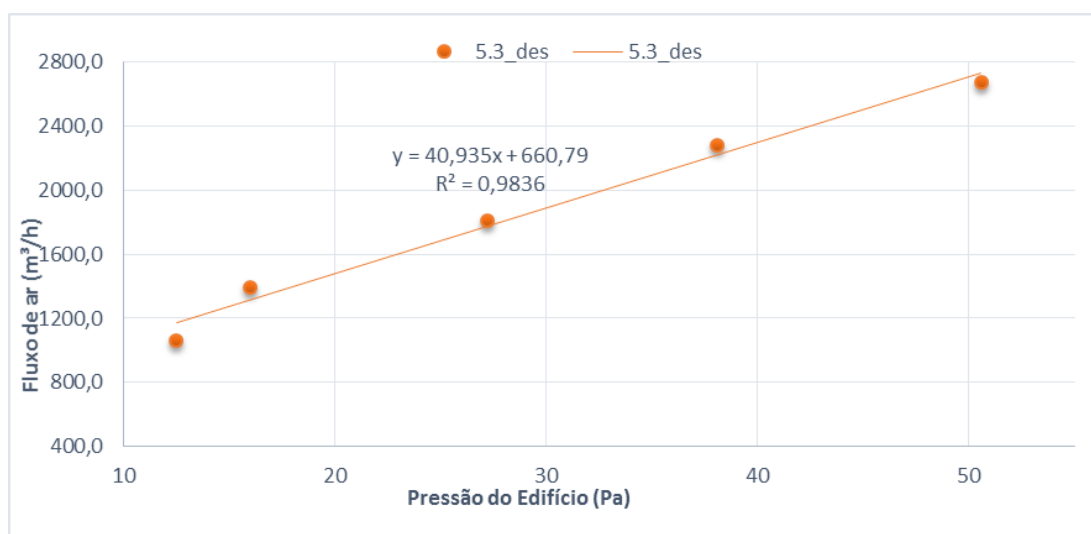
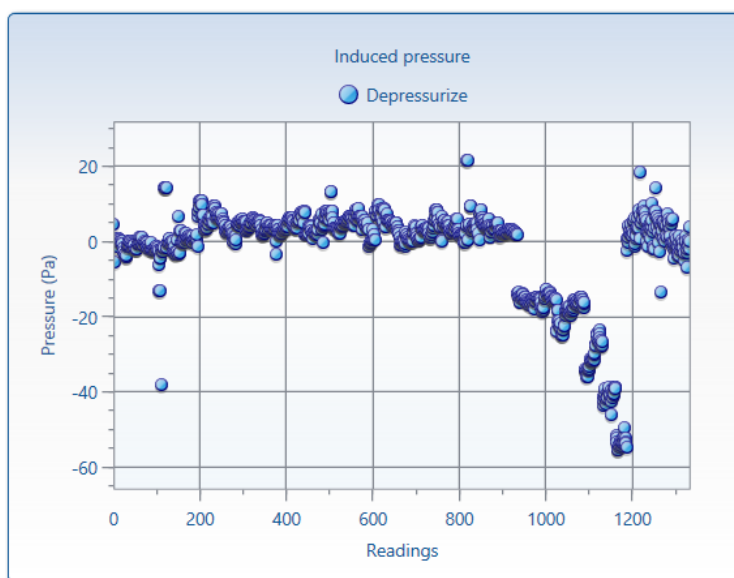


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	1059	1395	1810	2280	2671
Pressão do Edifício (Pa)	-12,5	-16	-27,2	-38,1	-50,6

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-0,84	-0,54	5,44	4,29	3,99	5,63	4,23	2,79	3,91	3,58
	ΔP _{01:}	3,25	ΔP _{01-:}	-0,69	ΔP _{01+:}	4,23				
Pressão Diferencial final (Pa)	2,08	4,95	6,10	3,34	4,25	2,03	3,74	-0,33	-1,86	-0,93
	ΔP _{02:}	2,34	ΔP _{02-:}	-1,04	ΔP _{02+:}	3,79				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	98,8	165,3	273	57,9	79,5					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	2600,0		12,4%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	8,470		12,6%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	10,867		12,6%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	22,019		12,6%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d' Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV5.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 306,8 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 239,1 m²

ÁREA ÚTIL: 118,0 m²

GRELHAS: 6

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 17,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 21,2 C°

Altura do edifício × Δt = 96 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 18,0 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,2 C°

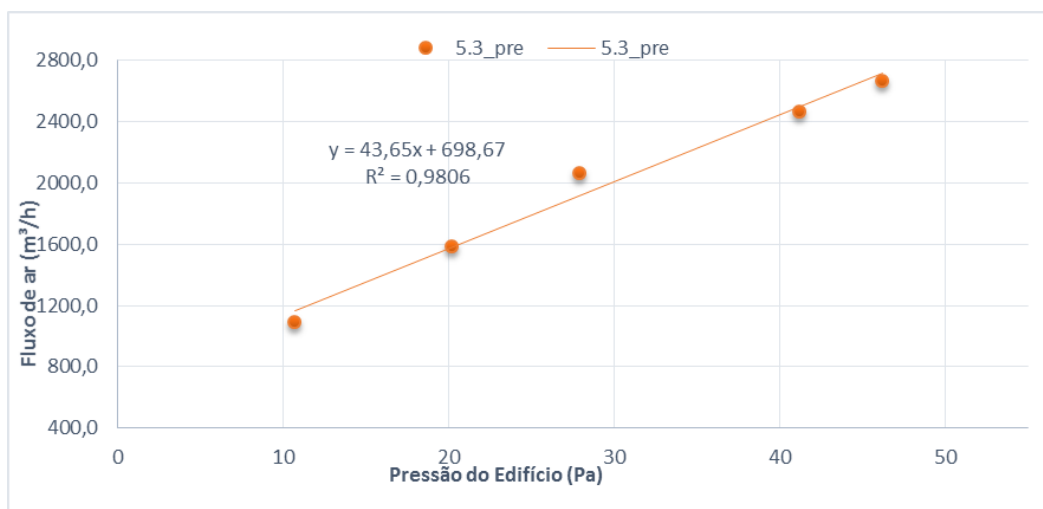
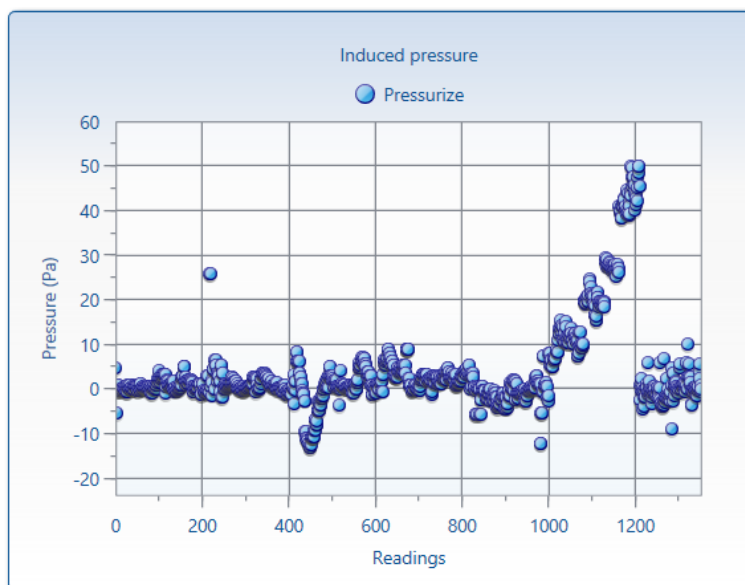


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	1089	1584	2069	2465	2668
Pressão do Edifício (Pa)	10,7	20,2	27,9	41,2	46,2

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,61	1,37	1,39	0,80	-2,05	2,29	3,34	2,61	-1,44	-0,34
	ΔP ₀₁ :	0,86	ΔP ₀₁ ·:	-1,28	ΔP ₀₁ ·:	1,77				
Pressão Diferencial final (Pa)	-0,61	-0,16	-0,51	-1,52	-0,89	0,26	1,25	2,49	-0,67	0,89
	ΔP ₀₂ :	0,05	ΔP ₀₂ ·:	-0,73	ΔP ₀₂ ·:	1,22				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	116,3	238,9	77,4	11,5	128,5					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	2840		7,2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		7,5%	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	9,265		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	269,94
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		7,5%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	11,887		n (-)	0,602
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		7,5%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	24,087		r (%)	99,72



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 27,4 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,3 C°

Altura do edifício × *Δt* = 2,4 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,9 C°

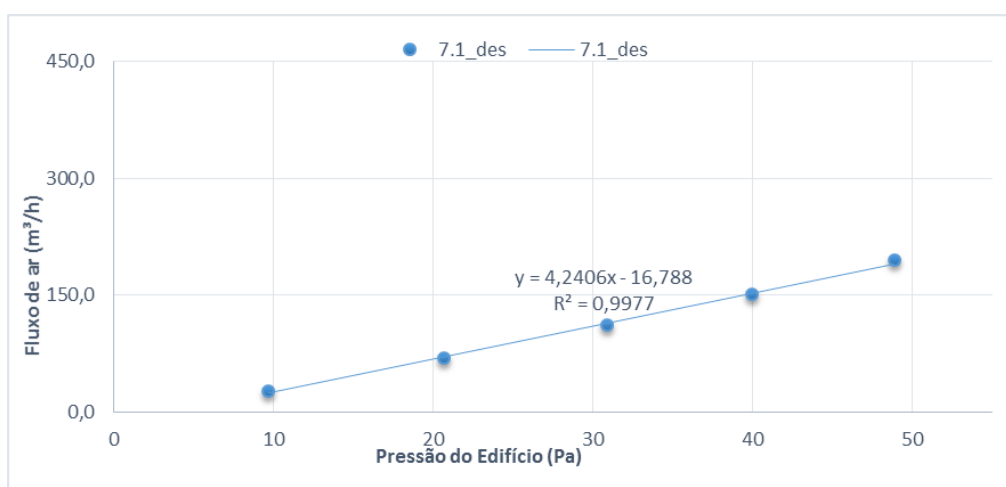
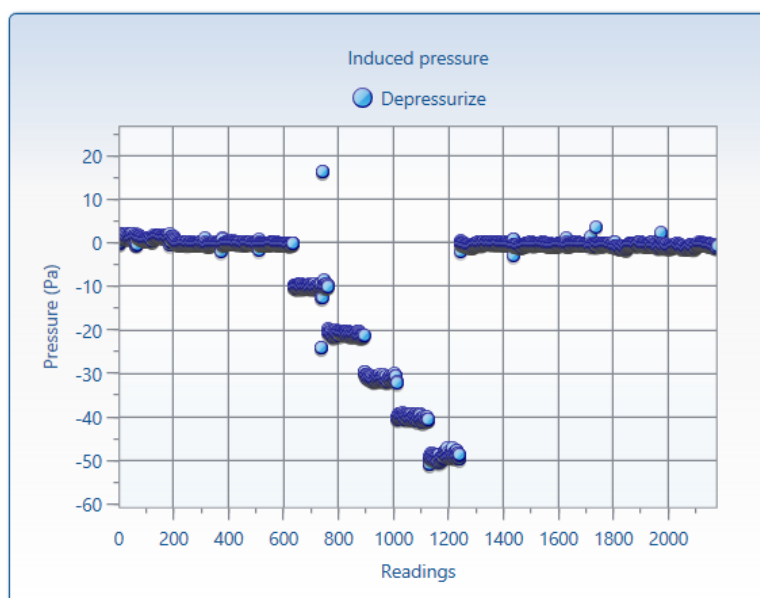


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	27,5	69,1	111,4	150,7	194,3
Pressão do Edifício (Pa)	9,7	20,7	30,9	40	48,9

Pressão Diferencial inicial (Pa)	1,50	1,18	1,3	0,25	0,24	-0,10	0,14	-0,01	-0,01	-0,05
	ΔP _{01:}	0,43	ΔP _{01-:}	-0,04	ΔP _{01+:}	0,9				
Pressão Diferencial final (Pa)	-0,21	0,05	-0,28	-0,18	-0,15	-0,20	-0,59	-0,31	-0,67	-0,39
	ΔP _{02:}	-0,28	ΔP _{02-:}	-0,32	ΔP _{02+:}	0,03				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	27,5	69,1	111,4	150,7	194,3					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	342,0		1,2%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	7,445		2,3%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	12,479		2,3%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	19,317		2,3%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d' Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.1

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 45,1 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,9 C°

Altura do edifício × Δt = 16,8 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,0 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 21,2 C°

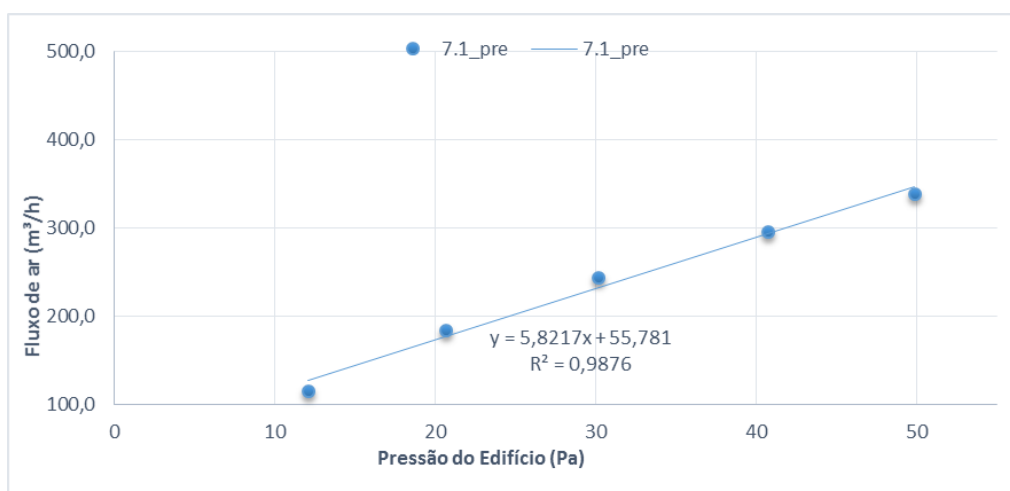
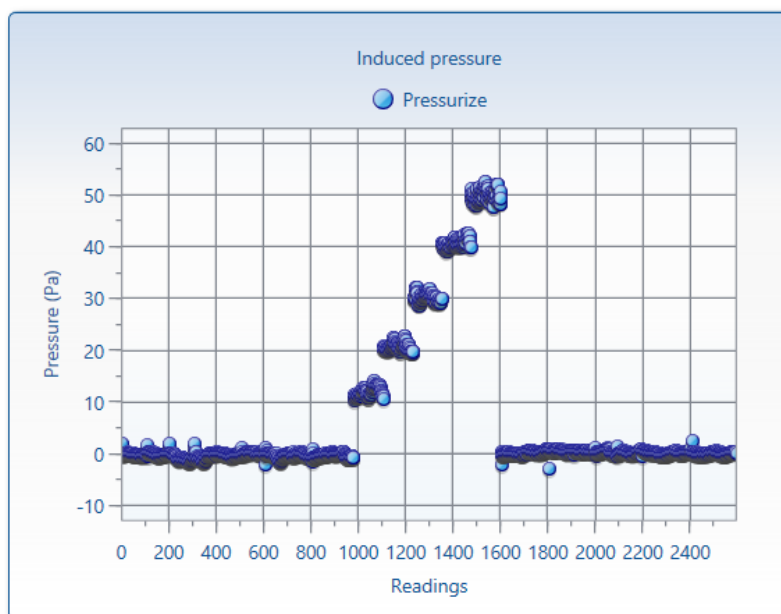


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	114,3	183,8	242,7	294,7	338,2
Pressão do Edifício (Pa)	12,1	20,7	30,2	40,8	49,9

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-0,02	-0,04	-0,74	-0,53	-0,16	0,11	-0,35	0,24	-0,27	-0,23
	ΔP _{01:}	-0,25	ΔP _{01:}	-0,29	ΔP _{01:}	0,11				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,01	0,42	0,54	0,44	0,37	0,22	0,11	0,20	0,10	0,10
	ΔP _{02:}	0,25	ΔP _{02:}	0,0	ΔP _{02:}	0,25				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	38,3	83,3	135,2	192,3	246,8					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	346,5		7,4%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	7,555		7,7%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	7,687		7,7%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	19,587		7,7%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 45,1 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,6 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 18,3 C°

Altura do edifício × $\Delta t = 55,2 < 500 \text{ m} \cdot \text{°C}$

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,9 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 19,4 C°

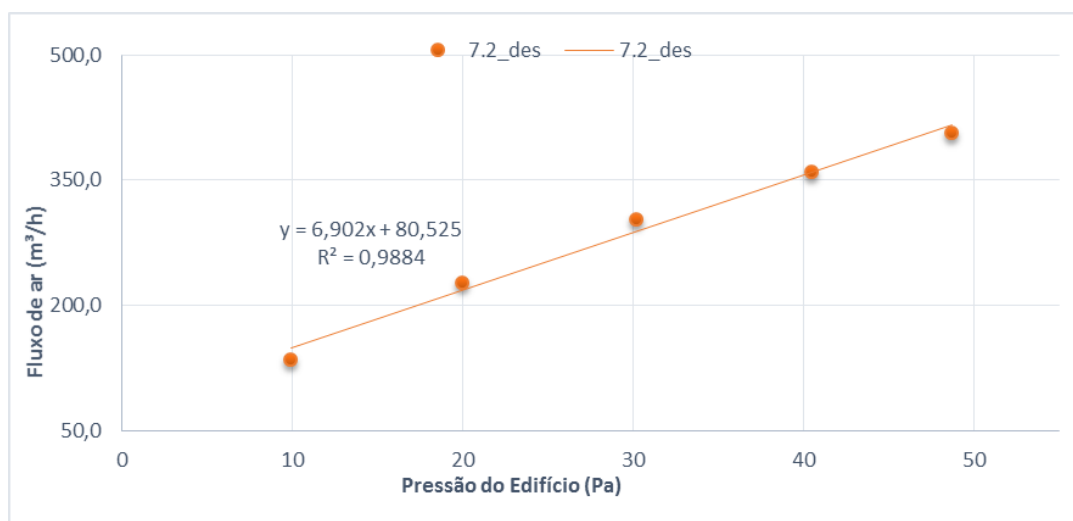
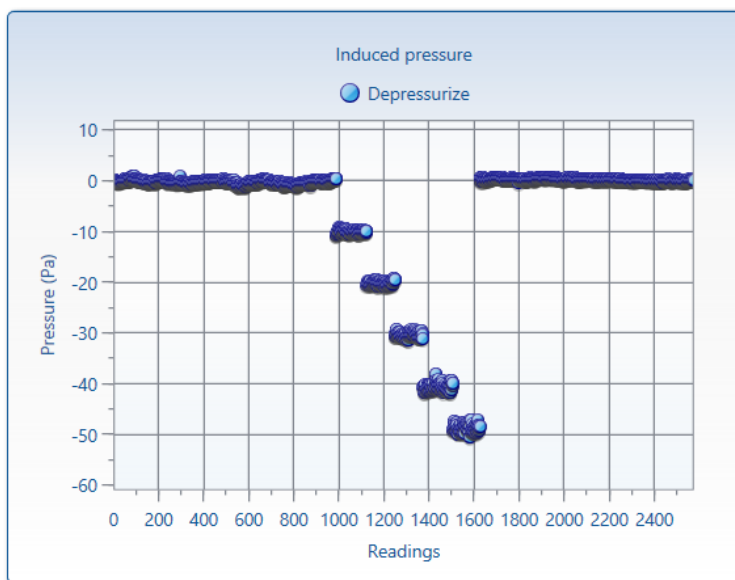


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	135,6	227,6	302,6	360,4	406,9
Pressão do Edifício (Pa)	-9,9	-20	-30,2	-40,5	-48,7

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,14	0,0	-0,05	-0,30	0,04	-0,46	-0,04	-0,46	-0,56	0,09
	ΔP_{01}	-0,16	ΔP_{01}	-0,31	ΔP_{01}	0,07				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,44	0,44	0,38	0,52	0,37	0,31	0,26	0,10	0,01	0,06
	ΔP_{02}	0,29	ΔP_{02}	0,0	ΔP_{02}	0,29				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	35,5	92,7	158,8	222,2	281,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	420,0		4,1%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		4,5%	Coeficiente de infiltração de ar	
Rph_{50} (h ⁻¹)	9,155		C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)	28,259
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		4,5%	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	9,317		n (-)	0,690
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		4,5%	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	23,739		r (%)	99,93



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.2

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 45,1 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,0 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 19,3 C°

Altura do edifício × Δt = 40,8 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 20,6 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 18,3 C°

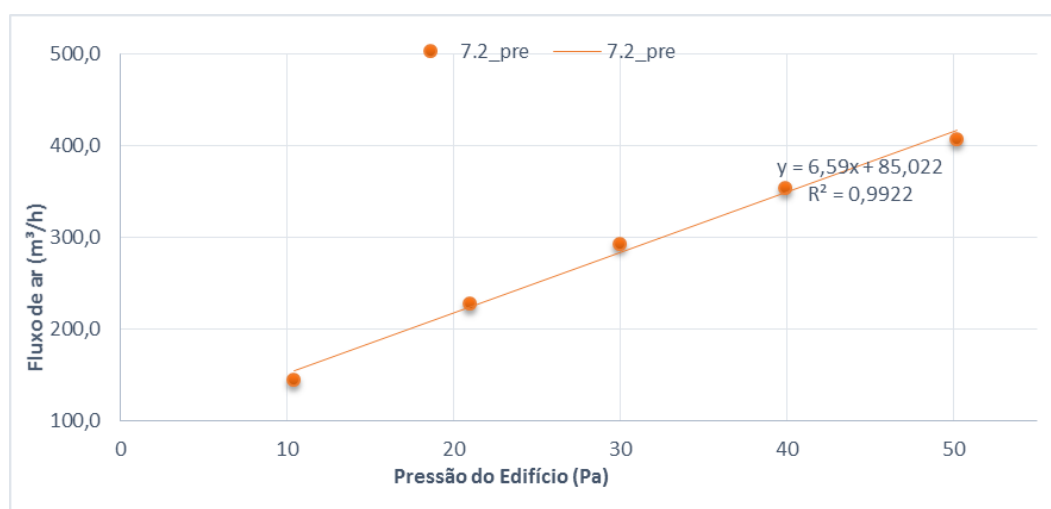
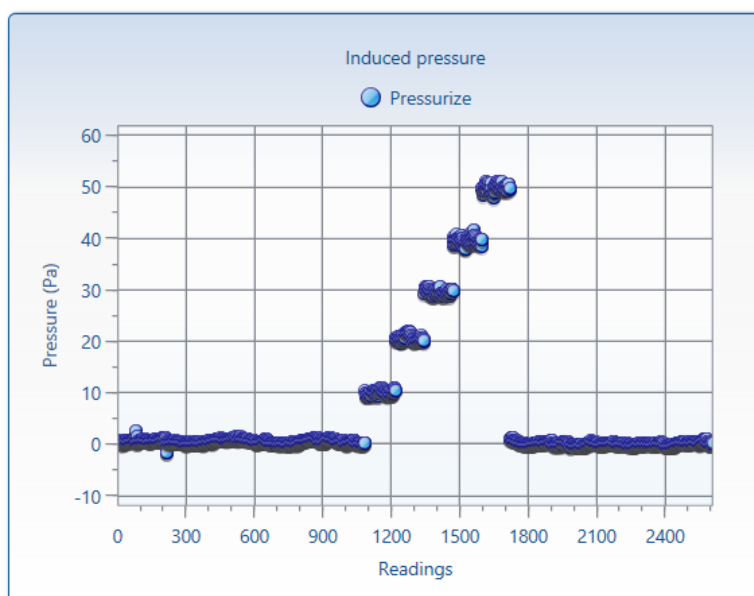


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	143,9	227,9	292,8	352,8	406,1
Pressão do Edifício (Pa)	10,4	21	30	39,9	50,2

Pressão Diferencial inicial (Pa)	0,68	0,69	0,38	0,42	0,99	0,71	0,23	0,52	0,85	0,33
	ΔP _{01:}	0,58	ΔP _{01:-}	0,0	ΔP _{01+:}	0,58				
Pressão Diferencial final (Pa)	0,35	0,32	0,07	-0,09	0,16	0,06	-0,03	-0,05	0,12	0,37
	ΔP _{02:}	0,13	ΔP _{02:-}	-0,06	ΔP _{02+:}	0,21				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	49,2	112,3	176,5	249,2	325,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	408,5		1,6%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora			Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	8,900		2,6%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente			Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	9,058		2,6%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil			Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	23,080		2,6%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

DESPRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 45,1 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 20,9 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 19,4 C°

Altura do edifício × Δt = 36 < 500 m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 20,2 C°

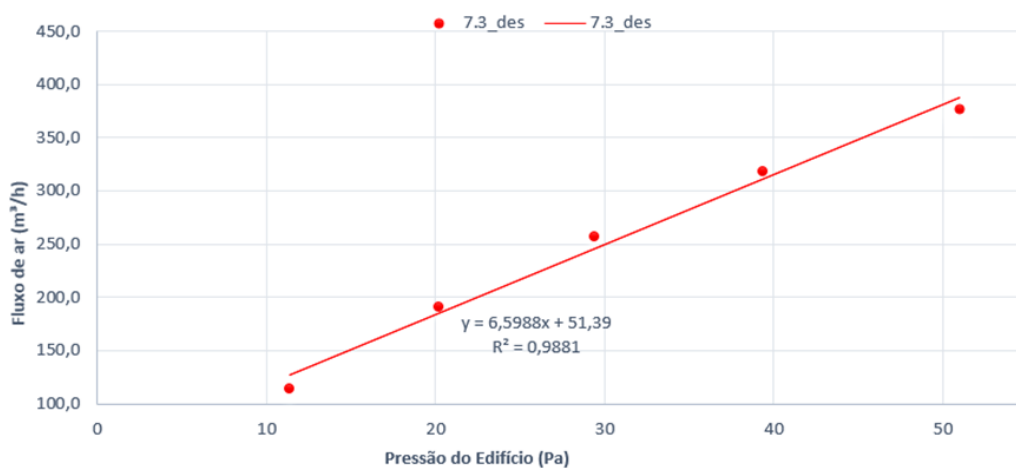
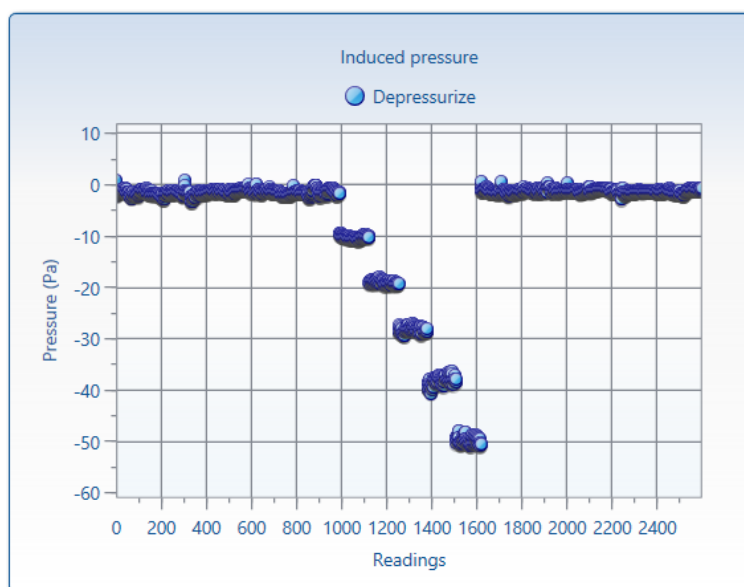


RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	113,5	191	257,2	317,4	376,9
Pressão do Edifício (Pa)	-11,4	-20,2	-29,4	-39,4	-51

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-1,47	-1,44	-1,67	-1,65	-1,24	-1,04	-1,16	-1,56	-1,27	-1,38
	ΔP _{01:}	-1,39	ΔP _{01:-}	-1,39	ΔP _{01+:}	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-1,18	-1,35	-1,07	-0,97	-1,09	-0,83	-1,35	-1,18	-1,30	-1,13
	ΔP _{02:}	-1,14	ΔP _{02:-}	-1,14	ΔP _{02+:}	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	25,8	67	116,7	173,8	242					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	389,0		6,5%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	8,471		6,8%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	8,622		6,8%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	21,968		6,8%	r (%)



FICHA DE ENSAIO

LOCAL: Edifício Estrela d`Avenida situado na avenida Dr. Domingos Gonçalves de Sá, Rio Tinto, concelho de Gondomar.

HABITAÇÃO: Localizado no 8º andar com tipologia T3.

Código: PV7.3

ENSAIO: Porta Ventiladora.

OBJETIVO: Determinação do caudal de ventilação.

NORMAS USADAS: ISO 9972.

Foto do ensaio

PRESSURIZAÇÃO

ELEVAÇÃO: 200 m

ALTURA DO EDIFÍCIO: 24 m

EXPOSIÇÃO AO VENTO: Edifício bastante exposto

PÉ-DIREITO: 2,6 m²

VOLUME: 45,9 m³

ÁREA ENVOLVENTE EXTERIOR: 45,1 m²

ÁREA ÚTIL: 17,7 m²

GRELHAS: 1

TEMPERATURA INICIAL INTERIOR: 21,2 C°

TEMPERATURA INICIAL EXTERIOR: 20,2 C°

Altura do edifício $\times \Delta t = 24 < 500$ m. °C

TEMPERATURA FINAL INTERIOR: 21,3 C°

TEMPERATURA FINAL EXTERIOR: 19,9 C°



RESULTADOS

Fluxo de ar (m ³ /h)	190	290,5	348,3	405	450,7
Pressão do Edifício (Pa)	9,8	19,8	30,7	41,6	51,3

Pressão Diferencial inicial (Pa)	-0,47	-0,63	-0,56	-0,46	-0,50	-0,53	-0,50	-0,37	-0,05	-0,53
	ΔP_{01} :	-0,46	ΔP_{01} :-	-0,46	ΔP_{01} +	0,0				
Pressão Diferencial final (Pa)	-0,96	-0,63	-0,73	-0,80	-0,79	-0,68	-0,61	-0,06	-0,61	-1,07
	ΔP_{02} :	-0,69	ΔP_{02} :-	-0,69	ΔP_{02} +	0,0				
Pressão Porta Ventiladora (Pa)	74,2	163,1	107,2	144	177,4					

Caudal de ar infiltrado pela envolvente		Incerteza	Coeficiente de escoamento de ar	
V_{50} (m ³ /h)	446,0		6,4%	C_{env} (m ³ /h.Pa ⁿ)
Renovações por hora		Incerteza	Coeficiente de infiltração de ar	
R_{ph50} (h ⁻¹)	9,715		6,7%	C_L (m ³ /h.Pa ⁿ)
Razão entre caudal escoado e área da envolvente		Incerteza	Expoente de escoamento	
q_{50} (m ³ /h.m ²)	9,890		6,7%	n (-)
Razão entre caudal de ar escoado e área útil		Incerteza	Correlação	
w_{50} (m ³ /h.m ²)	25,199		6,7%	r (%)

