



## Relação entre a taxa de renovação de ar e as características da construção portuguesa

TORRES, Isabel; RAMOS, Ana; SALEHI, Atefeh.

### Informações do Artigo

*Histórico:*

Submissão: 27 Dezembro 2017

Aprovação: 5 Fevereiro 2017

*Palavras-chave:*

Edifícios Existentes

Reabilitação

Taxa de Renovação de Ar

### Resumo:

*A taxa de renovação de ar de um edifício desempenha um papel importante na eficiência energética e no conforto térmico interior dos edifícios. Diferentes características do edifício como idade, altura, localização e tipologia têm influência direta ou indireta sobre a taxa de renovação. Existem já diversos estudos desenvolvidos, neste campo, nos EUA e no norte da Europa, especialmente sob condições climáticas frias, mas os edifícios do Mediterrâneo não têm sido alvo de muita atenção.*

*Assim, este trabalho pretende apresentar uma investigação realizada sobre a correlação entre a taxa de renovação de ar de um edifício e a sua tipologia e altura, em Portugal. Blower Door Test (BDT) foi o método selecionado como metodologia de estudo. Com este objetivo foram efetuadas medições in-situ em edifícios residenciais no Centro Histórico da cidade de Coimbra, Portugal. Os resultados obtidos foram comparados com os valores permitidos na regulamentação Portuguesa.*

*Finalmente e com base nos resultados experimentais e da regulamentação algumas conclusões foram puderam ser retiradas:*

*-Existe uma relação linear entre a altura dos edifícios e a taxa de infiltração.*

*-A taxa de renovação de ar de um edifício multifamiliar é superior de um edifício unifamiliar.*

### 1. Introdução

Em 2015, o setor da construção era responsável por 40% do consumo final de energia e 60% de consumo de eletricidade na União Europeia [1]. A renovação do ar do edifício é um fator importante que afeta o consumo de energia [2,3], sendo também uma das formas de melhorar a qualidade do ar interior (IAQ) [4] e proporcionar um ar saudável através da diluição dos poluentes do edifício [5,6]. A renovação do ar não controlada (isto é, as infiltrações) através da envolvente do

edifício aumenta o consumo de energia e tem efeito sobre a taxa de ventilação.

De acordo com Eskola [7], a renovação de ar do edifício está relacionada com a estanqueidade da envolvente e também com diferença de pressão sobre a mesma. Portanto, é necessário e importante estabelecer um equilíbrio entre a taxa de ventilação e a taxa de estanqueidade do edifício.

Os parâmetros que maior influência têm na renovação de ar das envolventes dos edifícios são as características da construção [8,9], a tipologia de construção [10,11], a idade dos prédios [12], o

números de pisos [13,14], e a interação entre a construção e o meio ambiente. [15]

Geralmente, a estanquidade ao ar reflete a resistência da envolvente do edifício ao fluxo de ar e é influenciada pelas trajetórias do fluxo de ar no edifício. [16]

A maioria dos edifícios existentes/históricos possui uma tecnologia de ventilação natural interessante e as infiltrações são uma das fontes fundamentais de ventilação nos mesmos. [17] Existe um vasto domínio de pesquisa sobre a estanquidade ao ar das construções e as suas técnicas de medição. No entanto, a maioria incide em condições de clima frio como o Canadá [18], os Estados Unidos da América [19,20,21] e a Europa (especialmente no norte da Europa). [22,23,24]

Como a previsão da taxa de renovação de um edifício é difícil, existem diferentes taxas de acordo com os diferentes regulamentos e países. A maioria dos edifícios existentes são excessivamente ventilados, especialmente por infiltrações [25], a sua taxa aceitável para edifícios foi determinada como sendo de 0,35 renovações por hora, com base nos padrões ASHRAE [26]. Em Portugal, de acordo com a REH (Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação) [27], a taxa de renovação de ar por hora é de 0,4 no período de inverno e 0,6 no período de verão.

## 2. Materiais e metodologia

### 2.1 Metodologia

Geralmente, existem duas abordagens diferentes para estudar/analisar problemas de ventilação e infiltração de ar, nomeadamente a simulação e a medição. Devido aos elevados custos envolvidos nos métodos experimentais, a maioria dos investigadores recorre à simulação para desenvolver sua pesquisa, embora os resultados dos métodos experimentais sejam mais realistas e fiáveis.

A medição das infiltrações através da envolvente é feita, principalmente, através do método do gás traçador ou do método de pressurização, BDT. O primeiro é um método que mede diretamente as infiltrações num edifício, ou fração e embora seja mais preciso tem menos repetitividade e é mais dispendioso. O método de pressurização, BDT, é a técnica mais comum para medir as infiltrações de ar na envolvente dos

edifícios e foi usado pela primeira vez na Suécia cerca de 1977. Hoje, os procedimentos para a realização do BDT são descritos na Norma Europeia EN-13829 [28], que está implementada na maioria dos países europeus, e também foi utilizada nesta pesquisa. O BDT está também associado à EN-ISO-13790 [29], EN-ISO-13829 [28] e ISO-9972 [30].

O BDT é um método indireto, que mede a permeabilidade ao ar de um edifício sujeitando-o a uma determinada pressão. Monitoriza o caudal necessário para manter essa pressão. Realiza medições a diferentes pressões. O ventilador escolhido deve ter capacidade para induzir variações específicas de pressão, positivas ou negativas, através da envolvente do edifício ou fração em estudo. O equipamento deve ainda ser capaz de providenciar um fluxo de ar constante, em cada patamar de pressão. Podemos obter o valor da taxa de renovação de ar horária para a pressão de 50Pa.

O equipamento utilizado é apresentado na Figura 1, onde podemos ver o desenrolar do ensaio BDT num dos casos de estudo.

O equipamento utilizado nesta investigação foi o Retrotec Model 1000 Blower Door, cujas características estão de acordo com a norma aplicável [28], e é constituído por:

- Ventilador com 0,75 cv de potência e com um caudal máximo, em ensaios a 50Pa, de 9514m<sup>3</sup>;
- Estrutura de alumínio e um pano impermeabilizante para substituição da porta;
- Manómetro digital Retrotec DM-2 Series dual Channel, que comanda o ventilador;
- Computador com o software FanTestic que permite comandar todo o processo e controlar o ventilador.

Os resultados obtidos no ensaio combinados com as formulas de cálculo fornecidas na norma de referência permitem o cálculo dos valores da taxa de renovação de ar, n50, da permeabilidade ao ar, q50 e da taxa de fugas, w50, que são o objetivo do ensaio. Dividindo o caudal das fugas de ar pelo volume interno, pela área específica e pela área útil, obtemos as grandezas referidas, através das formulas:

$$(1) n_{50} = \frac{v_{50}}{v}$$

$$(2) q_{50} = \frac{v_{50}}{A.E}$$

$$(3) w_{50} = \frac{v_{50}}{A.u}$$

Em que:

$n_{50}$  - taxa de renovação de ar

$v_{50}$  – caudal de fugas de ar

$v$  – volume interno [m<sup>3</sup>]

$q_{50}$  – permeabilidade ao ar a 50 Pa

$A.E$  – área específica [m<sup>2</sup>]

$w_{50}$  – taxa de fugas específica

$A.u$  – área útil [m<sup>2</sup>]

Depois de determinar as taxas de infiltração e de renovação de ar dos edifícios, através do BDT, tentou-se encontrar uma correlação entre as características da construção mencionadas anteriormente e os resultados do BDT.

## 2.2 Caso de estudo

A investigação foi desenvolvida no centro histórico da cidade de Coimbra. Os casos de estudo estão todos localizados na Rua Fernandes Thomas. A entrada desta rua tem uma perspectiva do "Rio Mondego" e é influenciada por sopros de ventos vindos do rio. A rua está ligada à Rua da Couraca Lisboa a sul e à "Rua Quebra Costas" e "Torres da Almedina" a norte. A Figura 2 apresenta a sua localização.

O estudo foi desenvolvido em quatro edifícios residenciais com diversas tipologias, unifamiliares e multifamiliares estando uns reabilitados e outros não reabilitados. A Tabela 1 mostra as características dos edifícios selecionados.

## 3. Resultados e discussão

Nas Figuras 3, 4 e 5 apresentam-se os resultados obtidos através do BDT, respetivamente para a taxa de infiltração de ar, permeabilidade ao ar e taxa de renovação de ar, e que irão servir de base para a obtenção de uma correlação entre os estes parâmetros e as características dos edifícios/frações. Observando os referidos gráficos podemos ver que os edifícios multifamiliares são, genericamente, mais permeáveis ao ar, com

maior taxa de renovação horária, maior taxa de infiltração e maior caudal de fugas de ar. Isto poderá dever-se à circulação interna do ar dentro das frações, que se faz de uma forma diversa conforme temos uma fração num só piso ou em diversos pisos pertencentes à mesma fração.

O 4º caso de estudo, que é um edifício unifamiliar tem uma envolvente pouco permeável ao ar, que se deve também ao facto de ter sido reabilitado há alguns anos.

Verifica-se ainda que nos três primeiros casos de estudo, que são os multifamiliares, a idade do edifício e a qualidade da construção têm também influência nas infiltrações das frações. Nomeadamente no 3º caso de estudo que é uma fração recentemente reabilitada. Estes são os principais fatores que vão influenciar a permeabilidade destas três frações.

Com o objetivo de considerar o efeito da altura do edifício (altura média do apartamento em causa), apresenta-se na Figura 6 a relação entre a taxa de renovação de ar e a altura da fração. Pela observação do referido gráfico pode concluir-se que quanto mais elevada é a altura da fração maior a permeabilidade ao ar da envolvente.

O outro parâmetro que foi analisado foi a localização/exposição das frações no interior da própria Rua Fernandes Tomás. A rua Fernandes Tomás é uma rua bastante estreita e com prédios em banda, em ambos os lados, com uma altura significativa, criando uma espécie de "canal urbano", em que a circulação do ar exterior/sucção exercida sobre as fachadas dos edifícios vai ser bastante influenciada pela relação entre a largura da via e a altura dos edifícios. Para analisar de que forma este parâmetro influencia a permeabilidade das frações calculou-se o que se designou por "canal urbano" e que não é mais do que o quociente entre a altura do edifício e a largura da via, este parâmetro varia entre 1,87 na parte mais larga em frente dos dois primeiros casos estudo e 7,2 na parte mais estreita da rua na frente do último caso.

Na Figura 7 apresenta-se a relação entre a altura do edifício, o "canal urbano" e a taxa de renovação de ar, onde se pode observar que para os dois primeiros casos de estudo que pertencem ao mesmo edifício e que, portanto,

têm idêntica tipologia de construção e “canal urbano” aquele que está situado a uma cota mais elevada tem maior taxa de renovação de ar. Ou seja, o aumento da altura do edifício faz com que a taxa renovação de ar do mesmo aumente, o que se relaciona com o aumento da pressão de ar com a altura.

#### 4. Conclusões

A taxa de renovação de ar de um edifício é um parâmetro bastante importante no comportamento energético do mesmo. Esta taxa de renovação de ar é influenciada por diversos parâmetros relacionados com o próprio edifício e com toda a zona envolvente. Analisar de que forma alguns destes parâmetros influenciam a taxa de renovação de ar de uma fração foi o grande objetivo desta investigação.

Para isso foram estudados quatro edifícios residenciais localizados no Centro Histórico de Coimbra, com características diversas, quer em termos de ocupação (unifamiliares e multifamiliares, quer em termos de altura, quer em termos do estado de conservação (reabilitados e não reabilitados). Foi determinada a sua permeabilidade ao ar, taxa de renovação horária e caudal de infiltração, experimentalmente, através do Blower Door Test.

Os resultados obtidos foram relacionados com as características dos edifícios, nomeadamente, estado de conservação, tipologia, inserção na rua e altura.

Da análise executada pode-se concluir que existe uma correlação entre a altura do edifício e a taxa de renovação de ar. Conclui-se também que as frações multifamiliares possuem maior taxa de renovação de ar devido à circulação interna dentro da própria fração. Conclui-se ainda que as frações renovadas possuem menor permeabilidade ao ar na sua envolvente.

As características da construção e a qualidade da intervenção de reabilitação são parâmetros com maior influência na taxa de renovação de ar do que a tipologia e a inserção dos edifícios na rua.

Referimos como limitações ao estudo realizado:

- O número reduzido de frações analisadas. Isto ficou a dever-se ao facto de estarmos perante uma zona em que maior parte das frações estão ocupadas por particulares e ser

difícil ter acesso às mesmas para proceder às medições com o BDT.

- Falta de informação sobre a taxa de renovação, antes da intervenção, dos edifícios que sofreram obras de reabilitação. Esta lacuna impediu que pudéssemos comparar a taxa de renovação de ar antes e após a reabilitação.

#### 5. Referências

- [1] B. LAPILLONNE, K. POLLIER e N. SAMCI, Energy Efficiency Trends for households in the EU, no. Maio, pp. 1--51, 2015.
- [2] Ü. ALEV, L. ESKOLA, E. ARUMÄGI, J. JOKISALO, A. DONARELLI, K. SIREN, T. BROSTRÖM e T. KALAMEES, Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region Energy Build., vol. 77, pp. 58–66, 2014.
- [3] A. JANSSENS e H. HENS, Journal of Thermal Envelope and Building Science Interstitial Condensation Due to Air, vol. 27, no. 1, 2003.
- [4] L. C. NG, A. K. PERSILY, e S. J. EMMERICH, IAQ and energy impacts of ventilation strategies and building envelope airtightness in a big box retail building, Build. Environ., vol. 92, pp. 627–634, 2015.
- [5] F. PACHECO-TORGAL, Indoor radon: An overview on a perennial problem, Build. Environ., vol. 58, pp. 270–277, 2012.
- [6] M. J. SORGATO, A. P. MELO, e R. LAMBERTS, The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption, Energy Build., vol. 133, pp. 1–13, 2016.
- [7] L. ESKOLA, J. KURNITSKI, J. JOKISALO, K. JOKIRANTA, J. PALONEN, J. VINHA, e T. KALAMEES, Air pressure conditions in Finnish residences, Measurement, vol. 2, pp. 6–13, 2007.
- [8] ASHRAE, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Ansi/Ashrae Standard 62.1-2007, Atlanta, USA, 2007.

- [9] O. A. B. HASSAN, An alternative method for evaluating the air tightness of building components, *Build. Environ.*, vol. 67, pp. 82–86, 2013.
- [10] W. PAN, Relationships between air-tightness and its influencing factors of post- 2006 new-build dwellings in the UK, *Build. Environ.*, vol. 45, no. 11, pp. 2387–2399, 2010.
- [11] A. SFAKIANAKI, K. PAVLOU, M. SANTAMOURIS, I. LIVADA, M. N. ASSIMAKOPOULOS, P. MANTAS, e A. CHRISTAKOPOULOS, Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece, *Build. Environ.*, vol. 43, no. 4, pp. 398–405, 2008.
- [12] M. I. MONTOYA, E. PASTOR, F. R. CARRIÉ, G. GUYOT, e E. PLANAS, Air leakage in Catalan dwellings: Developing an airtightness model and leakage airflow predictions, *Build. Environ.*, vol. 45, no. 6, pp. 1458–1469, 2010.
- [13] T. KALAMEES, Air tightness and air leakages of new lightweight single-family detached houses in Estonia, *Build. Environ.*, vol. 42, no. 6, pp. 2369–2377, 2007.
- [14] G. HONG e B. S. KIM, Field measurements of infiltration rate in high rise residential buildings using the constant concentration method, *Build. Environ.*, vol. 97, pp. 48–54, 2016.
- [15] NCFI, *Moisture in the Building Envelope*, North Carolina, 1994.
- [16] Z. MAGYAR, *Typical ventilation design concepts and strategies*, Nanjing Seminar, 2011.
- [17] C. BALOCCO e G. GRAZZINI, Numerical simulation of ancient natural ventilation systems of historical buildings. A case study in Palermo, *J. Cult. Herit.*, vol. 10, no. 2, pp. 313–318, 2009.
- [18] A. KAYELLO, H. GE, A. ATHIENITIS, e J. RAO, Experimental study of thermal and airtightness performance of structural insulated panel joints in cold climates, *Build. Environ.*, vol. 115, pp. 345–357, 2017.
- [19] W. R. CHAN, W. W. NAZAROFF, P. N. PRICE, e A. J. GADGIL, Analyzing a database of residential air leakage in the United States, *Atmos. Environ.*, vol. 39, no. 19, pp. 3445–3455, 2005.
- [20] E. L. HULT, M. H. SHERMAN, and L. WARKER, Blower Door techniques for measuring interzonal leakage, in *proceeding of building XII in California.*, 2014.
- [21] W. R. CHAN, J. JOH, and M. H. SHERMAN, Analysis of air leakage measurements of US houses, *Energy Build.*, vol. 66, pp. 616–625, 2013.
- [22] T. KALAMEES, Air tightness and air leakages of new lightweight single-family detached houses in Estonia, *Build. Environ.*, vol. 42, no. 6, pp. 2369–77, 2007.
- [23] Energy Saving Trust, *Improving Airtightness in Dwellings. Good Practice Guide 224 (GPG 224)*, London, England, 2005.
- [24] R. STEPHEN, *Airtightness in UK dwellings*, 2000.
- [25] M. H. SHERMAN and D. J. DICKERHOFF, Airtightness of U.S. dwellings, *ASHRAE Trans.*, vol. 104, no. 2, pp. 1359–1367, 1994.
- [26] R. American Society of Heating and I. and Air-Conditioning Engineers, *ASHRAE ADDENDA ASHRAE ADDENDA: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, Atlanta, GA, 2004.
- [27] “Decreto-Lei Nº. 118/2013 (2013) Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Portugal.”
- [28] European Committee for Standardization, “EN 13829. Hellenic Standard. Thermal performance of buildings— determination of air permeability of buildings—fan pressurization method.” 2000.
- [29] “EN ISO 13790 (former 832). Thermal performance of buildings— calculation of energy use for heating.”
- [30] L. BUNING e I. S. O. STORE, *Thermal performance of buildings — Determination of air permeability of buildings — Fan pressurization method*, Internaional Standard ISO 9972, 2nd ed. Switzerland: ISO Central Secretaria, 2006.

[31] A. PINTO, Aplicação LNEC para ventilação no ambiente do REH e RECS, LNEC, Lisboa, Portugal, p. 1, 2014.

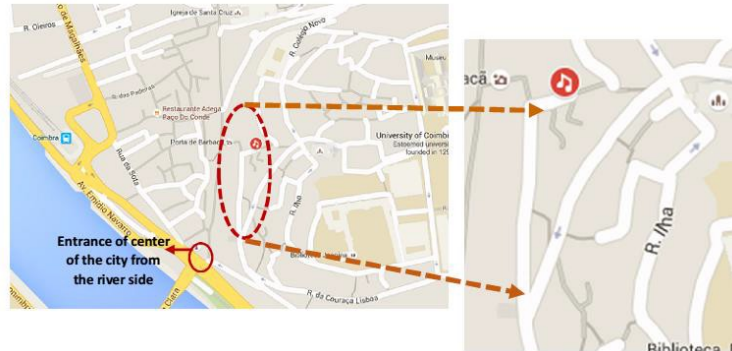
## 6. Anexos

Figura 1 – Ensaio BDT.



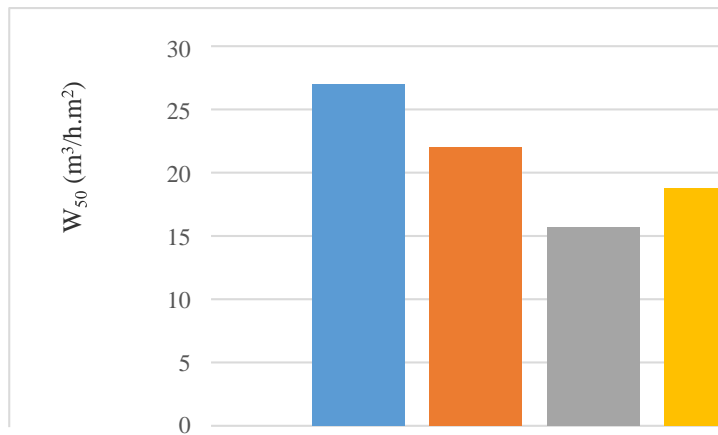
Fonte: Autor

Figura 2 – Localização da Rua Fernandes Tomás.



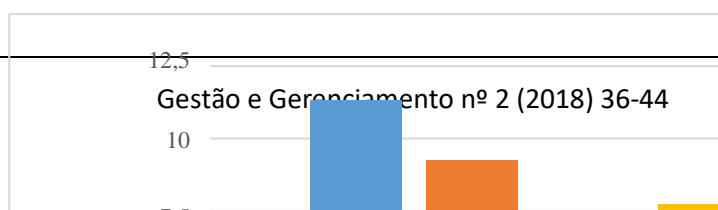
Fonte: Autor

Figura 3 – Taxa de infiltração de ar



Fonte: Autor

Figura 4 – Permeabilidade ao ar.

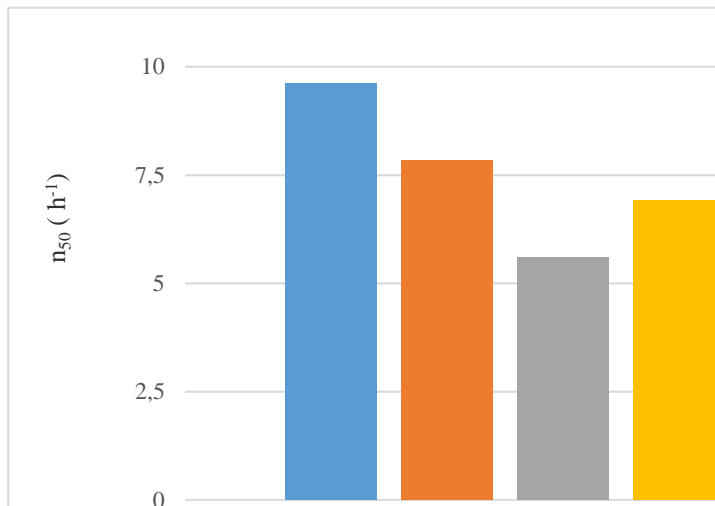


Gestão e Gerenciamento nº 2 (2018) 36-44

$q_{50} (m^3/h.m^2)$

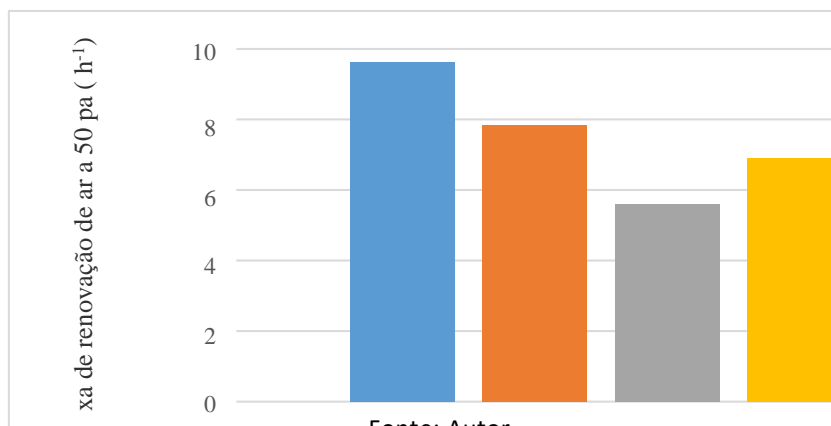
Fonte: Autor

Figura 5 – Caudal de fugas de ar.



Fonte: Autor

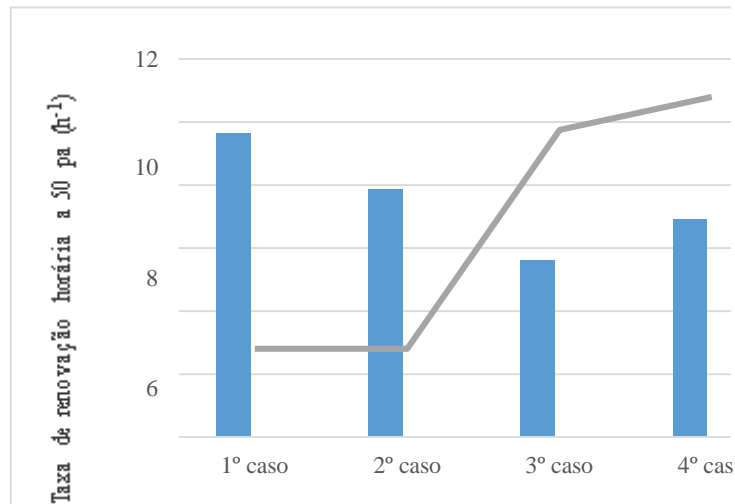
Figura 6 – Relação entre a altura da fração e a taxa de renovação de ar.



Fonte: Autor



Figura 7 – Relação entre a altura do edifício, o “canal urbano” e a taxa de ventilação.



Fonte: Autor

Tabela 1: The general properties of the selected cases studies.

Caso de estudo	Tipologia	Orientação	Localização	Área (m <sup>2</sup> )	Estado de conservação
Caso de estudo 1	Multifamiliar	Este-Oeste	3º andar	45.8	Não reabilitado
Caso de estudo 2	Multifamiliar	Este-Oeste	4º andar	50.5	Não reabilitado
Caso de estudo 3	Multifamiliar	Este-Oeste	1º andar	25.4	Reabilitado
Caso de estudo 4	Unifamiliar	Este-Oeste	Edifício com 5 andares	139.1	Reabilitado há alguns anos

Fonte: Autor