

## COMPORTAMENTO TÉRMICO DE ELEMENTOS OPACOS - PAREDES

### *Thermal behavior of opaque elements - walls*

GOMES, António Manuel Vilela Pereira<sup>1</sup>

---

#### **Resumo**

O conforto térmico contribui para a harmonia e o bem-estar do ser humano. As condições térmicas, em espaços interiores de edifícios, são fundamentais para que seja garantida a qualidade de vida dos seus utilizadores, bem como a produtividade das tarefas em que estejam envolvidos. Mas, para que todos os parâmetros e requisitos técnicos se verifiquem, há a necessidade de conceber edificações que sejam construídas, baseadas em normas e regulamentos. Em algumas partes do globo, nomeadamente, em países subdesenvolvidos ou emergentes, verifica-se a ausência de legislação que estimule as boas práticas construtivas. Com o propósito de clarificar esta temática, foram estudadas algumas das possíveis soluções construtivas, que melhor se aplicam à construção de paredes de alvenaria. Desta forma, procura-se promover o uso racional da energia elétrica, bem como a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, associadas ao funcionamento de aparelhos climatização.

#### **Abstract**

Thermal comfort contributes to human harmony and well-being. Thermal conditions, in interior spaces of buildings, are essential to ensure the quality of life of its users, as well as the productivity of the tasks in which they are involved. But for all parameters and technical requirements to be met, there is a need to design buildings that are built, based on standards and regulations. In some parts of the globe, notably in underdeveloped or emerging countries, there is a lack of legislation to encourage good constructive practice. In order to clarify this issue, some of the possible constructive solutions that best apply to the construction of masonry walls were studied. Thus, it seeks to promote the rational use of electricity, as well as the reduction of CO<sub>2</sub> emissions associated with the operation of air conditioning appliances.

**Palavras-chave:** *Transferência de Calor; Resistência Térmica; Inércia Térmica; Isolante Térmico.*

**Key-words:** *Heat Transfer; Thermal Resistance; Thermal Inertia; Thermal Insulation.*

**Data de submissão:** Outubro de 2019 | **Data de publicação:** Janeiro de 2019.

---

<sup>1</sup> ANTÓNIO MANUEL VILELA PEREIRA GOMES - Instituto Superior Politécnico Alvorecer da Juventude, ANGOLA. E-mail: [vilelapgomes@gmail.com](mailto:vilelapgomes@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A necessidade de recato e bem-estar tem promovido, ao longo dos tempos, a construção de edifícios suficientemente resistentes, capazes de se adaptar a condições, ambientais, adversas.

Durante vários anos e, até um passado não muito distante, constata-se que as edificações foram construídas de forma desregrada e desprovidas de qualquer regulamentação. Mas, a necessidade da criação de estruturas duradouras e, termicamente mais eficientes, impulsionou a conceção de regulamentos que têm, paulatinamente, vindo a ser alvo de profundas alterações.

Atualmente, a construção de edifícios obedece a normas, nem sempre consensuais, entre as várias regiões do globo. Se, por um lado, há países que adotam práticas construtivas, cada vez mais amigas do ambiente, também existem, do lado oposto, e em número bastante elevado, nações que menosprezam ou desconhecem tal legislação. Nos países subdesenvolvidos ou emergentes, a melhoria das condições económicas, assim como o crescimento populacional, são evidentes e estão diretamente associados à corrida desenfreada de melhores condições de vida. Essas construções, na sua generalidade, são edificadas, unicamente, segundo critérios empíricos, que não ostentam qualquer metodologia científica. Com o intuito de pôr cobro ou de tentar, de certa forma, amenizar algumas dessas, más, práticas construtivas, realizaram-se, mais adiante, estudos sobre o comportamento térmico de elementos opacos, mais concretamente, paredes de alvenaria. Nesses estudos, procedeu-se ao cálculo de vários parâmetros, tais como a resistência térmica, o coeficiente de transmissão térmica, a inércia térmica interior e, também, a massa total de cada solução construtiva, sendo que este último é imprescindível para o cálculo da inércia térmica, tanto como para a verificação do cálculo estrutural do edifício.

São catorze soluções construtivas, bem distintas, abordadas neste artigo e contemplam paredes simples, paredes duplas e paredes com ou sem isolante térmico. Os materiais constituintes deste elemento construtivo, nem sempre usados em simultâneo, são o tijolo cerâmico furado, o bloco de betão furado, o poliestireno expandido moldado e a argamassa.

Desta forma, através da análise das diversas soluções construtivas, pretende-se promover a médio prazo, porque a situação económica de alguns países não é suficientemente consistente para tal, a construção de edifícios com elevado desempenho térmico. Por outro lado, a redução do consumo energético será facilmente alcançada, devido à utilização moderada de aparelhos de climatização.

## 1. PAREDES EM ALVENARIA

As paredes, alvo de estudo, são de alvenaria<sup>2</sup> e fabricadas com pedra artificial. Para Verçosa (2008), as pedras artificiais inserem-se, normalmente, em dois grandes grupos: o grupo dos materiais de cimento e o grupo dos materiais cerâmicos, e têm o propósito de tentar substituir a pedra natural. Este estudo incidiu, concretamente, em paredes de pano simples e paredes de pano duplo, com ou sem isolante térmico. As paredes propostas neste artigo são compostas por blocos de betão e por tijolos cerâmicos, ambos furados.

### 1.1. Tijolo cerâmico furado

O tijolo cerâmico<sup>3</sup> apresenta uma cor avermelhada e é usado, com abundância, na construção civil. Segundo Bauer (2008), a indústria da cerâmica é uma das mais antigas e a sua utilização remonta ao período neolítico, em que o homem calafetava as cestas de vime com barro. Mais tarde, passou a dispensar o vime e deu início à produção de potes fabricados, exclusivamente, em barro. O tijolo cerâmico pode apresentar configurações bem distintas. Neste estudo é contemplado, apenas, o tijolo furado. Trata-se de um elemento construtivo que possui furos, canais ou aberturas horizontais, que se distendem no sentido da maior direção. Quanto ao tipo, o tijolo aqui abordado é o de uso tradicional, apesar de existirem, atualmente, tijolos térmicos, com furação vertical, que proporcionam uma melhor classificação energética. Relativamente às dimensões, os tijolos utilizados possuem o mesmo comprimento e altura, variando, apenas, a espessura, como é evidenciado na seguinte figura:

**Figura nº 1** – Tijolos cerâmicos furados

Tijolo 30x20x11



Tijolo 30x20x15



Tijolo 30x20x22



**Fonte:** Preceram

<sup>2</sup> Alvenaria é uma estrutura constituída por blocos, tijolos, pedras ou por outros materiais de construção.

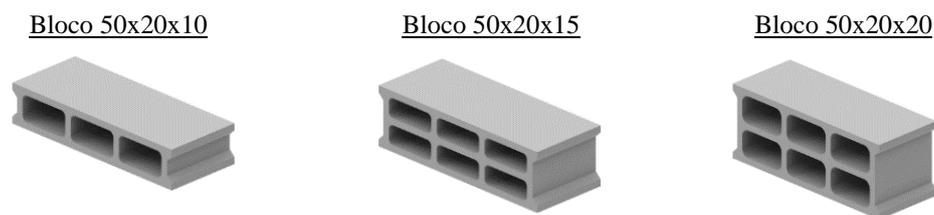
<sup>3</sup> Cerâmico ou cerâmica é uma pedra artificial moldada, obtida por secagem e cozedura de argilas ou de misturas que contêm argila.

### ***1.2. Bloco de betão furado***

Um dos constituintes do bloco de betão<sup>4</sup> é o cimento. Segundo a *World Cement Association*<sup>5</sup> (2019), o cimento tem sido usado pelos seres humanos, ao longo da história, nomeadamente, pelos antigos gregos, romanos e egípcios. O achado mais preponderante, deste material, remonta a 10 000 a.C. na atual Turquia. Também é designado por aglomerante<sup>6</sup>, sendo o *Portland*<sup>7</sup>, patenteado na Inglaterra, em 1824, por Joseph Aspdin, o mais usado. Desde essa data, este material tendo vindo a sofrer alterações e a ser, cada vez mais, aprimorado.

Os blocos de betão podem ser classificados por intermédio de vários parâmetros, tais como o material utilizado (betão leve ou normal), a furação, a classe de resistência e as dimensões. Os blocos de betão, aqui estudados, são do tipo inteiro e fabricados com betão normal, de uso corrente, embora haja no mercado, blocos termicamente eficientes.

**Figura nº 2** – Blocos de betão furado



**Fonte:** Spral

## **2. ISOLANTE TÉRMICO**

O isolante térmico visa, essencialmente, dificultar as trocas de calor de um meio para o outro, ou seja, comporta-se como uma barreira que ameniza as perdas e os ganhos de calor que, de outra forma, provocaria a igualdade de temperaturas, em ambos os espaços.

Existem vários tipos de isolantes térmicos, para utilizar na conceção de elementos opacos, na construção civil, como é o caso das paredes de alvenaria. Neste estudo vai ser utilizado o Poliestireno Expandido Moldado (EPS).

---

<sup>4</sup> O betão é a mistura de cimento, água e agregados. Dá-se o nome de agregados às areias e às britas.

<sup>5</sup> Associação Mundial do Cimento.

<sup>6</sup> Que promove a ligação entre materiais.

<sup>7</sup> Nome homónimo da ilha britânica, no condado de Dorset, pelas semelhanças da cor da rocha daquele local.

O EPS é um plástico celular rígido, que advém da polimerização do estireno<sup>8</sup> com a água. Este material sintético, extremamente leve, com uma composição de ar de 98% e 2% de plástico, provém do petróleo e foi descoberto por Fritz Stastny e Karl Buchholz, no ano de 1949 (Abrapex, 2006). Este material apresenta como principais características, um baixo peso específico, uma excelente estabilidade térmica, baixa condutibilidade térmica, boa elasticidade, ótima durabilidade e é inodoro.

Neste estudo, o EPS será utilizado, apenas, em algumas disposições construtivas. A sua aplicação será efetuada entre os dois panos da parede, no caso de parede dupla e, no lado exterior, caso se trate de parede simples.

**Figura nº 3** – Poliestireno Expandido Moldado (EPS)



**Fonte:** Soluções industriais

### **3. MÉTODO DE CÁLCULO**

A condução, a convecção e a radiação são formas, bem distintas, de estudar a transmissão de calor entre corpos ou espaços, que se encontram a diferentes temperaturas. Para Reis, Farinha e Farinha (2012), a caracterização do comportamento térmico faz-se através do cálculo de índices e parâmetros. A determinação dos mesmos é descrita mais adiante e os procedimentos para o seu cálculo, são os preconizados pelo regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação.

---

<sup>8</sup> Hidrocarboneto líquido utilizado no fabrico de plásticos.

Coeficiente de transmissão térmica, ( $U$ ):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}] \quad (1)$$

em que:

$h_i$  - Coeficiente de condutância térmica superficial interna,  $[\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}]$

$h_e$  - Coeficiente de condutância térmica superficial externa,  $[\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}]$

$R$  - Resistência térmica,  $[\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}]$

A resistência térmica,  $R$ , é o inverso do coeficiente de transmissão térmica. Por sua vez,  $R=d/\lambda$ , sendo que  $d$  refere-se à espessura do material e  $\lambda$  a condutibilidade térmica, também do material, alvo de estudo.

Massa total da solução construtiva, ( $M_T$ )

O cálculo da massa total, de cada solução construtiva, é determinado em função da área da parede e da massa dos elementos que a constituem. A determinação deste parâmetro é de veras importante, tanto para o cálculo estrutural, como forma de quantificar as tensões aplicadas nos diferentes elementos estruturais, tais como pilares ou vigas mas, também, é determinante para o cálculo da inércia térmica interior.

Inércia térmica interior, ( $I_t$ )

A inércia térmica interior, para Frota e Schiffer (2001), de uma parede, depende do seu peso e da sua espessura. Quando este elemento construtivo é, também, constituído por isolante térmico, as trocas de calor com a parede vão sofrer alterações, bem como a inércia, conforme consta, mais adiante, no capítulo referente ao caso de estudo.

Inércia térmica interior,  $I_t$ :

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^n M_{si} \cdot r \cdot S_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (2)$$

em que:

$M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento  $i$ ,  $[\text{kg/m}^2]$

$r$  – Fator de redução da massa superficial útil  
 $S_i$  – Área da superfície interior do elemento  $i$ , [m<sup>2</sup>]  
 $A_p$  – Área útil do pavimento, [m<sup>2</sup>]

A inércia térmica interior pode ser fraca, média ou forte. A sua classificação é efetuada de acordo com os critérios estabelecidos, na tabela seguinte:

**Tabela nº 1** - Classes de inércia térmica interior,  $I_t$

Classe de inércia térmica	$I_t$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Fonte: REH<sup>9</sup>

Nos casos de estudo apresentados neste artigo, apenas, vão ser efetuados cálculos para uma parede exterior. Segundo o REH (2013), existem três tipos de elementos e o que aqui é apresentado, mais adiante, é designado por EL1, ou seja, refere-se aos elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente.

No caso de elementos da envolvente exterior ou interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente (EL1), o valor de  $M_{Si}$  nunca pode ser superior a 150 kg/m<sup>2</sup>, sendo que no caso de paredes sem isolamento térmico e de coberturas ou esteiras pesadas de desvão de coberturas inclinadas se não existir caixa-de-ar,  $M_{Si} = m_t / 2$ ,  $m_t$  corresponderá à massa total do elemento. Se tiver caixa-de-ar,  $M_{Si} = m_{pi}$ , onde  $m_{pi}$  corresponderá à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior. Para todos os elementos com uma camada de isolamento térmico,  $M_{Si} = m_i$ , em que  $m_i$  é a massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior com exceção das situações em que exista uma caixa-de-ar entre o isolamento térmico e a face interior,  $m_i$  corresponderá à massa do elemento desde a caixa-de-ar até à face interior (REH, 2013, p. 79-80).

Também, para o REH (2013), o fator de redução da massa superficial,  $r$ , depende da resistência térmica do revestimento superficial interior e da resistência térmica da caixa-de-ar associada, caso esta se verifique. Portanto, para os elementos EL1:

<sup>9</sup> PORTUGAL. DL 118/2013 de 20 de Agosto. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

- a) Se  $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor 0;
- b) Se  $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor 0,5;
- c) Se  $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor 1.

Para a determinação da inércia térmica interior é necessário que se proceda ao cálculo de toda a envolvente do compartimento em causa. Neste caso, apenas, foi contabilizada a inércia térmica interior da parede mencionada na figura nº 4, a título de exemplo. Por esse motivo, os valores obtidos são mais baixos, do que aqueles que seriam expectáveis.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAS UTILIZADOS

As características dos materiais utilizados foram retiradas de livros técnicos, especializados nesta temática, e de fabricantes deste tipo de elementos construtivos. Os valores posteriormente mencionados servirão como base de cálculo, para as expressões citadas no capítulo anterior.

Seguidamente, são apresentadas três tabelas com as características dos elementos construtivos, utilizados neste estudo:

**Tabela nº 2** – Condutibilidade térmica dos materiais utilizados

Material	Espessura, $d$ [cm]	Condutibilidade térmica, $\lambda$ [W/m·°C]
Tijolo, 11 cm	11,00	1,15
Tijolo, 15 cm	15,00	1,15
Tijolo, 22 cm	22,00	1,15
Bloco de Betão, 10 cm	10,00	1,75
Bloco de Betão, 15 cm	15,00	1,75
Bloco de Betão, 20 cm	20,00	1,75
Argamassa de reboco	2,00	1,30
Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	4,00 – 10,00	0,040
Ar	4,00	0,025

Fonte: ITE 28<sup>10</sup> e ITE 50<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Santos, C., & Paiva, J. (2002). Coeficientes e Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa: LNEC

<sup>11</sup> Santos, C. & Matias, L. (2006). Coeficientes e Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa: LNEC

**Tabela nº 3** – Massa unitária dos materiais utilizados

Material	Espessura, $d$ [cm]	Massa unitária, $m$ [kg]
Tijolo, 11 cm	11,00	3,90
Tijolo, 15 cm	15,00	5,20
Tijolo, 22 cm	22,00	7,50
Bloco de Betão, 10 cm	10,00	10,00
Bloco de Betão, 15 cm	15,00	15,00
Bloco de Betão, 20 cm	20,00	18,00

Fonte: Praceram e Pavicer

**Tabela nº 4** – Massa volúmica dos materiais utilizados

Material	Massa volúmica aparente seca, $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	17,00
Ar	1,23

Fonte: ITE50

## 5. CASO DE ESTUDO

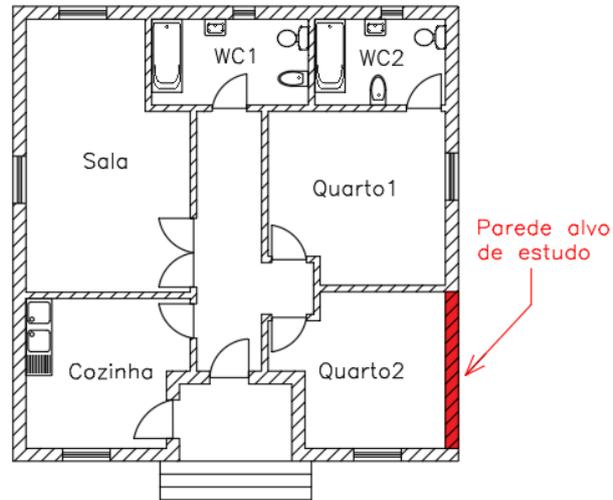
Neste capítulo serão estudadas catorze soluções construtivas, bem distintas, como forma de avaliar aquela, ou aquelas, que proporcionam melhor desempenho térmico.

Este estudo cinge-se, apenas, ao Quarto2, exposto na figura nº 4, pois os cálculos para os restantes compartimentos seriam efetuados de forma análoga, usando os mesmos princípios e expressões matemáticas.

Apesar de, segundo Gomes (2009), as janelas desempenharem várias funções, que contemplam, desde a permissão de entrada de luz até à renovação de ar, neste artigo, procurou-se destacar, somente, os elementos opacos da fachada.

O compartimento, Quarto2, tem 12,70 m<sup>2</sup> de área útil. A parede, alvo de estudo, pintada com cor vermelha, tem 3,60 m de comprimento e 2,70 m de altura.

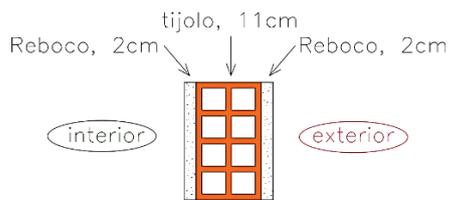
**Figura nº 4 - Planta do edifício e parede alvo de estudo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

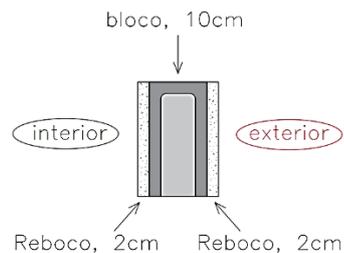
De seguida, através das várias soluções construtivas, apresentadas sob a forma de corte transversal, proceder-se-á ao cálculo dos vários parâmetros citados no capítulo referente ao método de cálculo, tais como a resistência térmica total,  $R_T$ , o coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , a massa total da solução construtiva,  $M_T$ , e a inércia térmica interior,  $I_i$ .

**Figura nº 5 - Caso 1: Pano simples (2+11+2)**



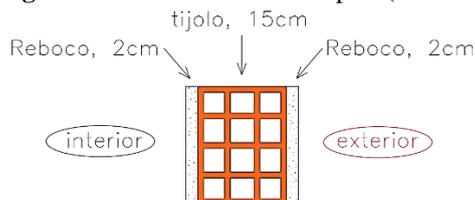
**Fonte:** Elaborado pelo autor

**Figura nº 6 - Caso 2: Pano simples (2+10+2)**



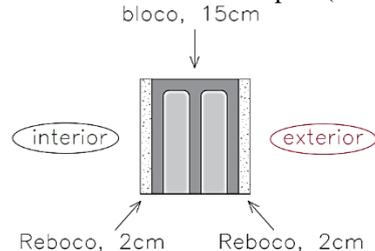
**Fonte:** Elaborado pelo autor

**Figura nº 7 - Caso 3: Pano simples (2+15+2)**



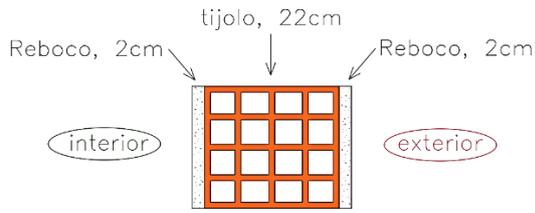
**Fonte:** Elaborado pelo autor

**figura nº 8 - Caso 4: Pano simples (2+15+2)**



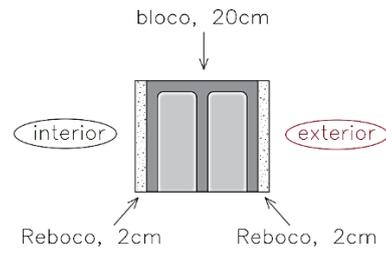
**Fonte:** Elaborado pelo autor

**Figura nº 9 - Caso 5: Pano simples (2+22+2)**



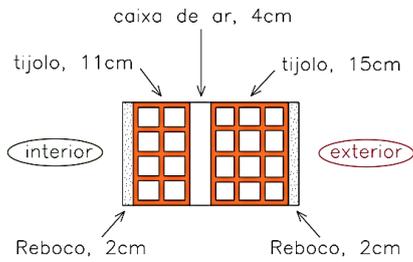
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 10 - Caso 6: Pano simples (2+20+2)**



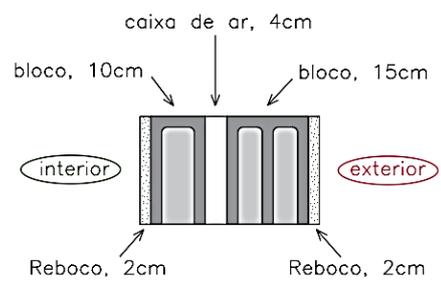
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 11 - Caso 7: Pano duplo (2+11+4+15+2)**



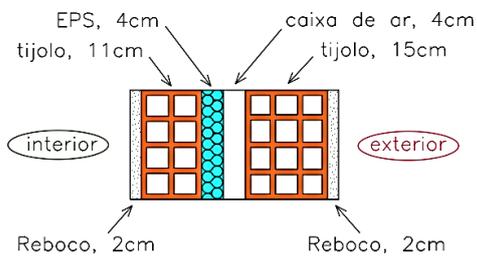
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 12 - Caso 8: Pano duplo (2+10+4+15+2)**



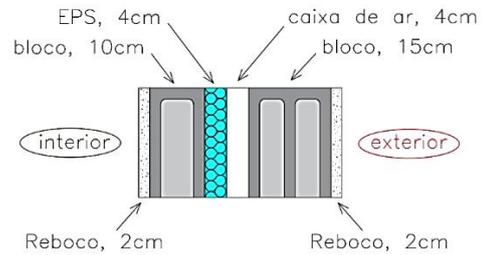
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 13 - Caso 9: Pano duplo (2+11+4+4+15+2)**

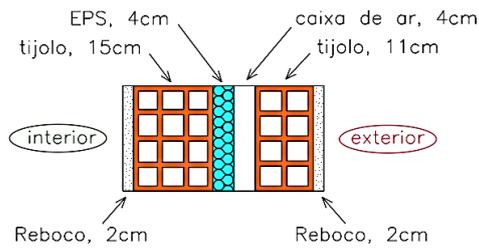


Fonte: Elaborado pelo autor

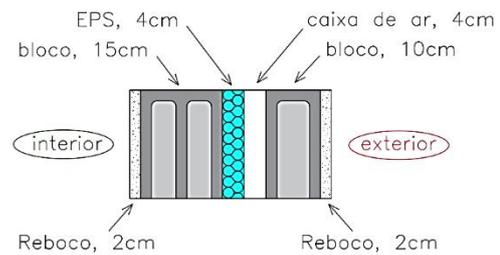
**Figura nº 14 - Caso 10: Pano duplo (2+10+4+4+15+2)**



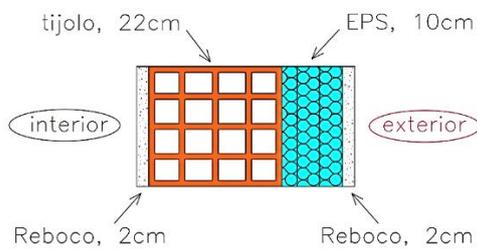
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 15 - Caso 11: Pano duplo(2+15+4+4+11+2) | Figura nº 16 - Caso 12: Pano duplo(2+15+4+4+10+2)**

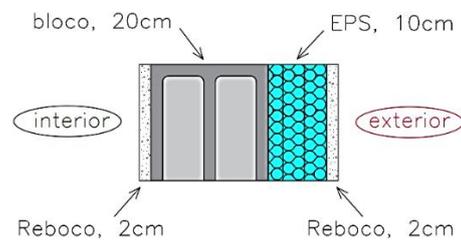
Fonte: Elaborado pelo autor



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura nº 17 - Caso 13: Pano simples (2+22+10+2) | Figura nº 18 - Caso 14: Pano simples (2+20+10+2)**

Fonte: Elaborado pelo autor



Fonte: Elaborado pelo autor

Resumindo, temos que:

**Tabela nº 5 - Resultados dos parâmetros térmicos**

Solução Construtiva	$R_T$ [m <sup>2</sup> · °C/W]	$U$ [W/m <sup>2</sup> · °C]	$M_T$ [kg]	$I_t$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Caso 1	0,286	3,497	1370,520	53,957
Caso 2	0,248	4,032	1710,720	67,351
Caso 3	0,321	3,115	1581,120	62,249
Caso 4	0,277	3,610	2196,720	86,485
Caso 5	0,382	2,618	1953,720	76,918
Caso 6	0,305	3,279	2488,320	97,965
Caso 7	0,527	1,898	2212,920	78,831
Caso 8	0,444	2,252	3168,720	105,619
Caso 9	1,527	0,655	2219,530	78,831
Caso 10	1,444	0,693	3175,330	105,619
Caso 11	1,527	0,655	2219,530	95,414
Caso 12	1,444	0,693	3175,330	143,887
Caso 13	2,882	0,347	1970,244	124,753
Caso 14	2,805	0,357	2504,844	166,847

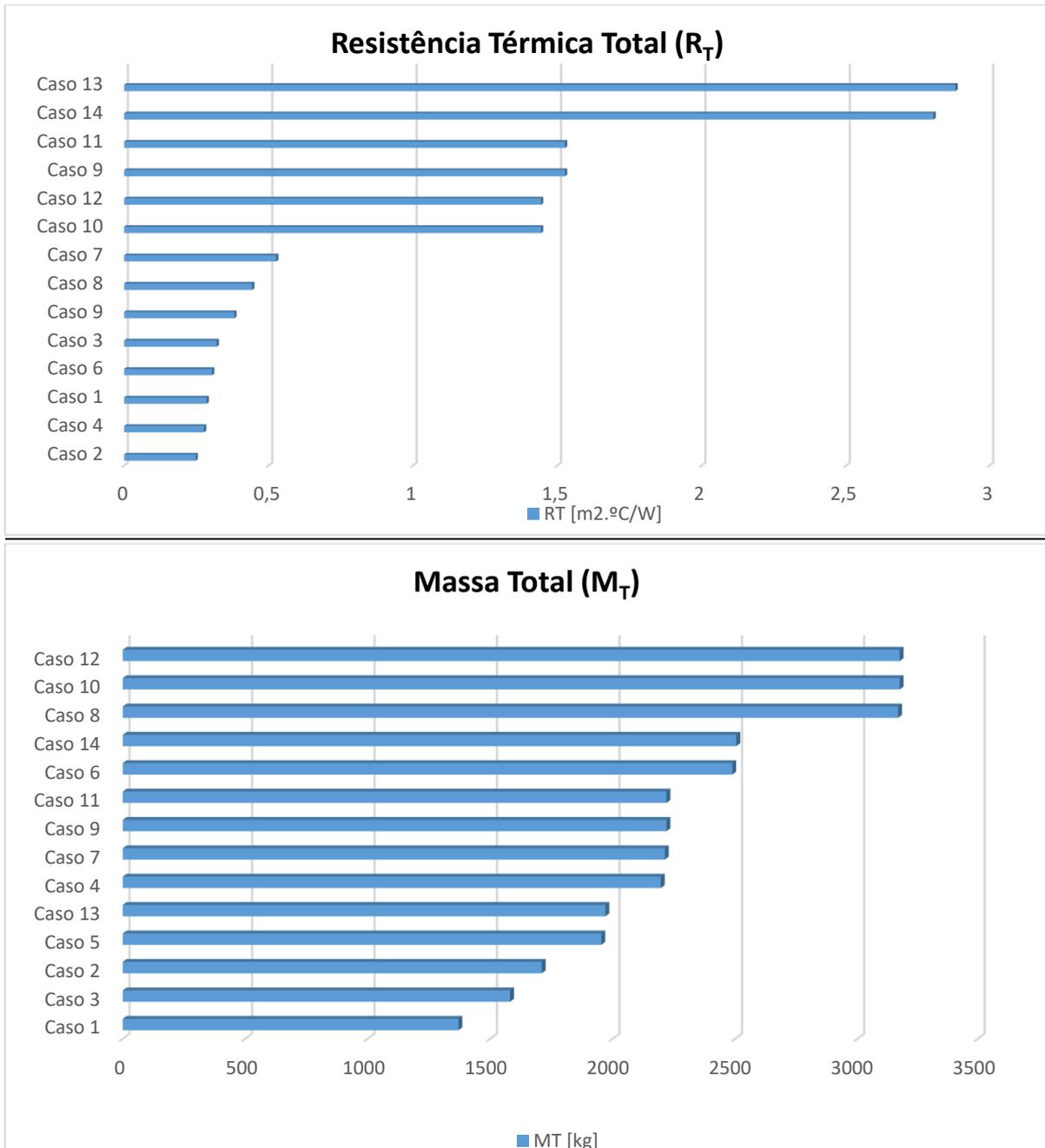
Fonte: Elaborado pelo autor

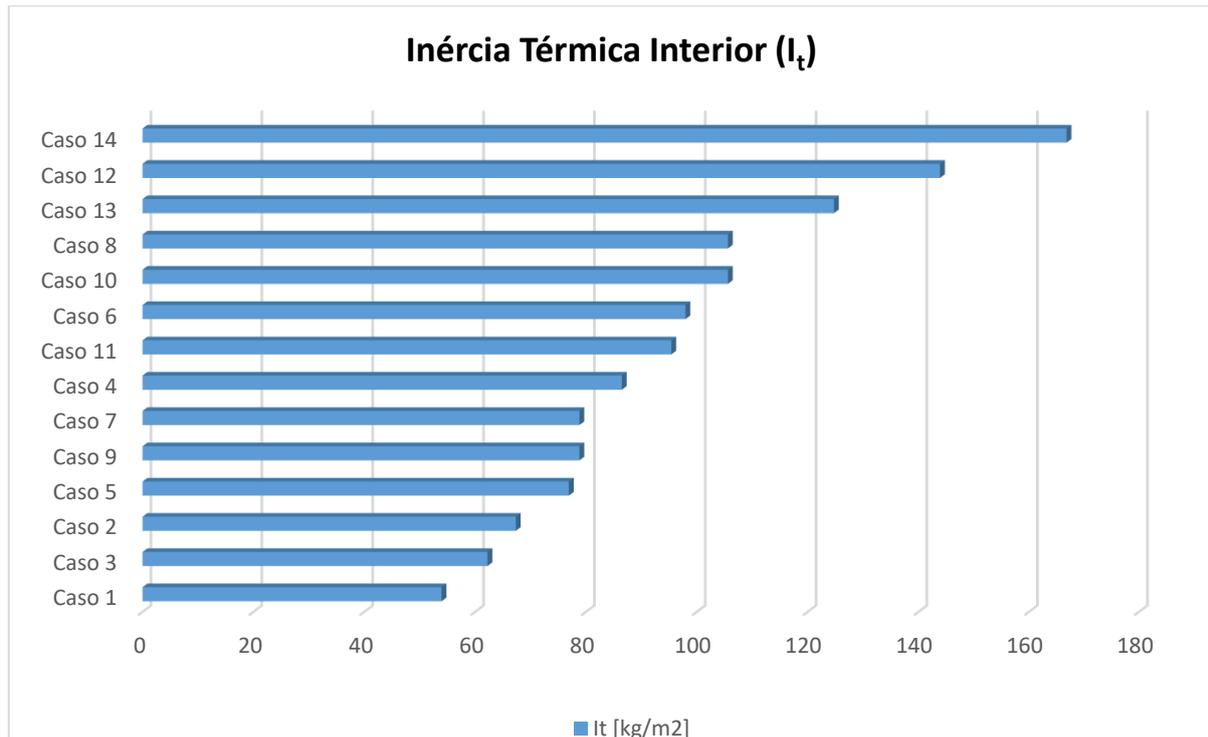
## 6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Depois de determinados os parâmetros térmicos, propostos para este estudo, seguir-se-á a análise e a comparação dos mesmos.

### 6.1. Análise gráfica

Neste subcapítulo, os valores de  $R_T$ ,  $M_T$  e  $I_t$ , que constam na tabela nº 5, serão representados graficamente.





### 6.2. Comparação de resultados

Posteriormente, serão comparados os resultados dos vários casos analisados e que, de certa forma, se compadeçam com alguma semelhança construtiva.

Para o coeficiente de transmissão térmica não foi efetuada qualquer comparação, dado que este parâmetro refere-se ao valor inverso da resistência térmica total.

Caso 3

vs

Caso 4

$R_T$  do Caso 3 é 15,88% superior ao  $R_T$  do Caso 4

$M_T$  do Caso 4 é 38,93 % superior ao  $M_T$  do Caso 3

$I_t$  do Caso 4 é 38,93 % superior ao  $I_t$  do Caso 3

Caso 5

vs

Caso 6

$R_T$  do Caso 5 é 25,25% superior ao  $R_T$  do Caso 6

$M_T$  do Caso 6 é 27,36 % superior ao  $M_T$  do Caso 5

$I_t$  do Caso 6 é 27,36 % superior ao  $I_t$  do Caso 5

Caso 7

vs

Caso 9

$R_T$  do Caso 9 é 189,75% superior ao  $R_T$  do Caso 7

$M_T$  do Caso 9 é 0,30 % superior ao  $M_T$  do Caso 7

$I_t$  do Caso 9 é igual ao  $I_t$  do Caso 7

Caso 8

vs

Caso 10

$R_T$  do Caso 10 é 225,23% superior ao  $R_T$  do Caso 8

$M_T$  do Caso 10 é 0,21 % superior ao  $M_T$  do Caso 8

$I_t$  do Caso 10 é igual ao  $I_t$  do Caso 7

Caso 13

vs

Caso 14

$R_T$  do Caso 13 é 2,75% superior ao  $R_T$  do Caso 14

$M_T$  do Caso 14 é 27,13 % superior ao  $M_T$  do Caso 13

$I_t$  do Caso 14 é 33,74% é superior ao  $I_t$  do Caso 13

## 7. CONCLUSÕES

Tendo por base os objetivos delineados para este estudo e, depois de quantificados os parâmetros térmicos, pode-se concluir que as transferências de calor são tanto menores, quanto maior for o valor da resistência térmica. Para obter valores elevados de resistência térmica, da solução construtiva, é usual recorrer-se, de imediato, ao aumento da espessura das paredes. Para evitar tal situação, que implica a redução significativa da área útil do edifício, é aconselhável que os materiais de construção possuam baixa condutibilidade térmica. Por outro lado, a diminuição da espessura da parede compromete, seriamente, a inércia térmica interior, dado que a mesma é diretamente proporcional à massa dos elementos que a constituem. Quanto maior a inércia térmica, maior será a capacidade de armazenamento de calor e da utilização racional dessa mesma energia. Portanto, é desejável que a inércia térmica interior seja elevada para edifícios de habitação, de uso permanente. Para edifícios de férias, com baixo índice de utilização, a inércia térmica poderá ser menor.

No que respeita aos panos da parede, a implementação de paredes duplas é mais eficaz que as simples. Mas, a espessura elevada da caixa-de-ar não é viável termicamente, pois o aumento da lâmina de ar provocaria movimentos de convecção do ar no seu interior. Por outras palavras, a caixa-de-ar de uma parede dupla é tanto mais eficiente, quanto menor for a sua espessura.

Para materiais de naturezas distintas, mas com a mesma espessura, poderá acontecer que a quantidade de calor transmitida seja díspar. Esta situação deve-se ao fato dos materiais possuírem condutibilidades térmicas diferenciadas.

Relativamente à condição estrutural do edifício, a solução que se ambiciona alcançar é aquela que minimiza as tensões exercidas na sua estrutura. Ou seja, é a solução construtiva que possui menor massa. Desta forma, é possível construir estruturas mais esbeltas e, conseqüentemente, mais económicas e mais amigas do ambiente, dada a redução de matéria prima empregue na sua construção.

Portanto, é fácil de constatar que todas as soluções construtivas apresentam qualidades e debilidades. Não há uma solução construtiva perfeita. Todavia, as normas mais recentes remetem-nos para a utilização de isolante térmico no lado exterior da fachada, contribuindo, desta forma, para o aumento significativo da eficiência energética e para a redução das inevitáveis, emissões de CO<sub>2</sub> associadas à produção de energia elétrica. Por outro lado, em países com economias frágeis e onde ainda persistam lacunas regulamentares, sobre esta temática, é aconselhável que adotem soluções construtivas que conduzam a gastos comedidos e que, simultaneamente, não comprometam o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrapex (2006). *Manual de utilização de espuma de poliestireno expandido na construção civil*. (1.ª ed.). São Paulo: PINI

Bauer, L. A. (2008). *Materiais de Construção*. (5.ª ed, Vol. 2). Rio de Janeiro: LTC

Frota, A., & Schiffer, S. (2001). *Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo*. (5.ª ed.). São Paulo: Studio Nobel.

Gomes, A. (2009). *Janelas e Portadas Históricas: história, desempenho, reparação e conservação*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

DECRETO-LEI N.º118/2013, de 20 de Agosto de 2013. *Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação*. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa, Portugal  
Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/499237>

Reis, A., Farinha, M., & Farinha, J. (2012). *Tabelas Técnicas*. Lisboa: Edições Técnicas E.T.L.

Santos, C., & Matias, L. (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envoltura dos Edifícios*. Lisboa: LNEC.

Santos, C. & Paiva, J. (2002). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envoltura dos Edifícios*. Lisboa: LNEC.

Verçosa, E. (2008). Materiais Cerâmicos. In L. A. Bauer (Eds), *Materiais de Construção* (pp. 526 – 570). Rio de Janeiro: LTC.

## WEBGRAFIA

[http://pavicer.pt/pt/produtos/17\\_alvenarias/20\\_bloco-de-betao](http://pavicer.pt/pt/produtos/17_alvenarias/20_bloco-de-betao)

<http://www.preceram.pt>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Isolante\\_t%C3%A9rmico](https://pt.wikipedia.org/wiki/Isolante_t%C3%A9rmico)

<https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2017/11/10see-01-isol-paredes-1.pdf>

<http://www.solucoesindustriais.com.br>

<http://www.spral.pt>

<https://www.worldcementassociation.org/about-cement/our-history>