



MÉTODO LNEC PARA AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS: FERRAMENTA DE ESTIMAÇÃO DE CUSTOS MÉDIOS DE TRANSIÇÃO ENTRE CLASSES ACÚSTICAS

Anthony Ferreira¹, Jorge Patrício², J. J. Correia da Silva³

¹anthonyferreira@outlook.com

²LNEC, Av. Do Brasil 101, 1700-066 LISBOA, Portugal jpatricio@lneq.pt

³Universidade de Évora, Portugal jcs@uevora.pt

Resumo

O conforto acústico na habitação é essencial para permitir um repouso tranquilo e regenerativo. Este conforto é obtido principalmente pela redução do ruído e aumento do isolamento sonoro dos elementos de compartimentação. Para a qualificação deste conforto é necessário efetuar uma análise global do edifício, onde são considerados os fatores internos e externos à habitação, ou seja, considerando a acústica da envolvente (*Vizinhança*), do edifício (*Edifício*) e da fração (*Habitação*).

Para este efeito foi produzido o “*Método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais*”, o qual permite fazer uma avaliação global do conforto acústico na habitação. Este método inovador em Portugal origina uma *Classe Acústica LNEC* que permite representar com razoável fiabilidade o conforto acústico realmente sentido e a qualidade acústica da habitação. Este método pode ser aplicado a edifícios novos e a edifícios a reabilitar.

De modo a permitir uma estimativa dos custos médios necessários para transitar entre determinadas classes (e alcançar respetivo conforto acústico) é necessário possuir uma ferramenta de cálculo apropriada. Deste modo apresenta-se nesta comunicação uma ferramenta para estimar os custos de transição entre classes acústicas. Esta metodologia permite fazer escolhas mais fundamentadas nos processos de obtenção de determinado conforto acústico.

Palavras-chave: acústica habitacional, reabilitação, classificação, previsão do conforto acústico, LNEC.

Abstract

The acoustic comfort in dwellings is essential to a peaceful and regenerative sleep. The achievement of this comfort is primarily obtained by reducing noise and increasing sound insulation of separating elements. To classify this comfort is necessary to conduct a comprehensive analysis of the habitation. This global analysis assesses the internal and external factors of the habitation, evaluating the acoustics of the environment (Vicinity), of the building (Building) and of the dwelling place (Lodging).

Recently in Portugal was developed the “LNEC method for evaluation and acoustic quality classification of residential buildings” that allows an overall evaluation of the acoustic comfort in dwellings, resulting also in a “LNEC Acoustic Class” that portrays the real acoustic comfort sensed.

Since this method can be applied to evaluate the acoustic comfort of new and of restored buildings, it is necessary a tool that gives an estimation of the needed investment to upgrade to a specific “LNEC Acoustic Class” (and achieve the respective acoustic comfort). In this communication is presented a tool that allows the estimation of that upgrade costs.

Keywords: housing acoustics, rehabilitation, classification, acoustic comfort determination, acoustic, LNEC.

PACS no. 43.55.+p



1 Introdução

O aumento do interesse pelo conforto acústico nos edifícios originou medidas de melhoria que começaram por ser regras de construção até culminarem na atual legislação obrigatória. Em Portugal, esta legislação obrigatória é composta, principalmente, pelo *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE)* e pelo *Regulamento Geral do Ruído (RGR)*, que exigem uma análise individual em cada componente do edifício e uma limitação dos correspondentes parâmetros acústicos internos e externos (ruído exterior, isolamento a sons aéreos, transmissão de sons de percussão, tempo de reverberação, etc.).

No entanto, cumprindo esta legislação é possível obter situações em que o desconforto acústico existe. Isto é originado pelo fato de que o conforto acústico sentido depende não só das características individuais de cada componente do edifício (elemento de compartimentação), mas também da interação entre os vários componentes do edifício. Somente fazendo em conjunto estas duas avaliações é que se consegue determinar o conforto real sentido. Para fazer esta análise global, é necessário estudar a acústica do ambiente exterior em redor do edifício (*Vizinhança*) em conjunto com a acústica dos espaços de acesso comuns do edifício (*Edifício*) e o isolamento sonoro das divisórias da fração habitacional (*Habitação*).

De modo a suprimir esta ausência de análise global, que afeta principalmente os edifícios habitacionais, o *Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)* apresentou em 2013, o “*Método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais*” que faz uma análise conjunta da *Vizinhança*, do *Edifício* e da *Habitação*. Neste método, os resultados dos indicadores físicos e de indicadores analíticos (criados para o efeito) de cada componente (*Vizinhança*, *Edifício* e *Habitação*) são pontuados consoante a sua influência no conforto acústico global. Esta pontuação é depois integrada num único valor, o *Nível de Avaliação Acústica (NAA)*, a que corresponde uma *Classe Acústica LNEC*. Ficando assim, não só identificado o conforto acústico sentido, mas também o seu cumprimento em relação à legislação existente em Portugal. Também para permitir uma melhor caracterização do conforto, os resultados de NAA que produzem uma Classe D podem ser pormenorizados calculando o *Índice de Avaliação Acústica (IAA)* e respetivas *Subclasses Acústicas LNEC*.

Nesta publicação é apresentada uma ferramenta que permite uma melhor implementação e utilização deste *Método LNEC*. A ferramenta apresentada consiste num ábaco que permite estimar o custo médio de investimento necessário para efetuar uma transição entre *Classes Acústicas LNEC*, permitindo assim a determinação de custos muito úteis no mercado da construção.

2 Metodologia

A determinação do custo de transição entre *Classes Acústicas LNEC* baseia-se no estudo do edificado existente em Portugal, dos métodos de reabilitação disponíveis (e respetivos custos) e dos resultados obtidos no *Método LNEC* (cf. [2]).

A análise do edificado é feita pelo estudo de habitações exemplo de cada tipo de construção existente em Portugal. Para cada exemplo, esta análise consiste na identificação das suas soluções construtivas e na determinação dos custos de três propostas de reabilitação acústica (uma solução de reabilitação mais económica, uma solução de reabilitação com bom comportamento acústico e uma solução de reabilitação intermédia). Esta análise de várias opções permite assim um estudo abrangente das soluções existentes no mercado.

De modo a identificar o comportamento de cada fogo exemplo no *Método LNEC* é feita a determinação da pontuação da componente *Habitação* para o fogo exemplo na sua solução existente e nas três propostas de reabilitação. Como o custo de reabilitação incide somente na componente



Habituação adotou-se para as outras duas componentes do *Método LNEC (Vizinhança e Edifício)* um valor fixo de pontuação.

De seguida determina-se o NAA das quatro soluções (solução existente, reabilitação mais económica, reabilitação com bom comportamento acústico e reabilitação intermédia) de cada fogo exemplo e respetiva *Classe Acústica LNEC*.

À variação de resultados de NAA, ou seja ΔNAA , está associado um custo de reabilitação dispendido (€/m^2). Analisando a dispersão de resultados de ΔNAA e o dispendido na reabilitação (€/m^2), determina-se através de uma regressão linear a função que esboça a relação entre o custo de investimento e o resultado obtido. Pela inversão desta função linear do tipo $f(x) \leftrightarrow \Delta NAA(\text{Custo})$ para a forma $f(x) \leftrightarrow \text{Custo}(\Delta NAA)$, conjugada com o verdadeiro significado do diferencial, ($\Delta NAA = NAA_{\text{pretendido}} - NAA_{\text{existente}}$), e aplicando os limites de NAA das *Classes e Acústicas LNEC* obtêm-se todos os dados necessários para efetuar um ábaco dos custos mínimos e máximos de reabilitação para transitar de uma classe para outra.

Realiza-se por fim a determinação dos valores limites deste ábaco, eliminado os valores não lógicos (custos de diminuir de classe).

3 Tipos de edifícios habitacionais em Portugal

A construção habitacional existente em Portugal é muito extensa, mas pode ser subdividida em quatro tipos:

1. Edifícios em pedra ou terra:
 - a. Construção de pedra:
 - i. **Edifícios em cantaria de pedra:** aqueles em que se recorre exclusivamente à construção de paredes em cantaria de pedra com os pisos e coberturas em estrutura de madeira ou de pedra;
 - ii. **Edifícios em alvenaria de pedra:** aqueles em que as paredes de pedra são construídas não em cantaria, mas em alvenaria de pedra (pedras assentes utilizando argamassa de ligamento).
 - b. Construção de terra:
 - i. **Edifícios em Taipa:** edifícios de paredes exteriores e interiores construídas com terra compactada de modo a formar uma estrutura monolítica, utilizando para tal maços e taipais, sendo a estrutura da cobertura ou pisos superiores feita em madeira;
 - ii. **Edifícios em adobe:** edifícios com paredes exteriores, interiores e por vezes também estrutura de pisos e coberturas feitas com recurso a alvenaria de blocos de terra moldados (adobe).
2. Edifícios com estrutura tipo gaioleiro
 - a. **Edifícios pombalinos:** edifícios feitos como resposta às necessidades de reconstrução urbana após o terremoto de 1755, caracterizando-se pela solidez, regularidade e simplicidade, não existindo elementos de construção para além do plano de fachada. Estruturalmente consistem numa parede exterior em alvenaria de pedra (com cunhais revestidos a pedra) e paredes interiores de frontal ou tabique. A parede exterior de alvenaria de pedra contém no seu tardo uma malha tridimensional em madeira (vulgo gaiola pombalina) que efetua o reforço sísmico e o suporte dos pisos, estes também em madeira. O edifício tem também um saguão em que as paredes são em alvenaria de pedra;
 - b. **Edifícios gaioleiros:** evolução da construção pombalina, são edifícios erigidos durante a expansão da cidade de Lisboa no final do séc. XIX, apresentando uma certa liberdade arquitetónica em relação à construção Pombalina, como vãos com dimensões diferentes entre si e maior quantidade de decorações na fachada (frisos, cimalhas, etc.). Na fachada das traseiras do edifício existem geralmente varandas e marquises em estrutura metálica

ligadas a uma escada metálica de serviço. Estruturalmente distinguem-se dos edifícios Pombalinos pela existência de alvenaria de tijolo (nas paredes interiores) e pelo fato das paredes em tabique também terem função estrutural. Apresentam também elevadores colocados no vão de escadas.

3. **Edifícios de placa:** caracterizam-se por possuírem pavimentos em betão que descarregam diretamente nas paredes sem recurso a vigas ou pilares. Em regra são homogêneos em planta e não apresentam mais de 5 pisos elevados. As paredes podem ser de alvenaria de pedra, tijolo cerâmico ou blocos de betão. Existem por vezes algumas vigas e pilares em betão armado localizados em locais estratégicos, mas em número muito reduzido.
4. Edifícios recentes
 - a. **Edifícios com estrutura em betão armado:** edifícios recentes que, na sua maioria, apresentam paredes em alvenaria de tijolo e estrutura em betão armado. Existem alguns edifícios, em que algumas paredes são em betão armado (paredes resistentes), ou que a totalidade das paredes são feitas em betão armado (casos mais extremos encontrados na arquitetura artística);
 - b. **Edifício com estrutura metálica** (não abordado devido à pouca representatividade como habitação).

Cada um destes tipos de construção exhibe características próprias de arquitetura, estrutura e também de soluções construtivas de paredes, vãos e pisos. Assim, para abranger os tipos de construção existente são analisados fogos exemplo, segundo o *Método LNEC*, de cada um destes tipos de edifícios.

4 Método LNEC aplicado aos fogos exemplo

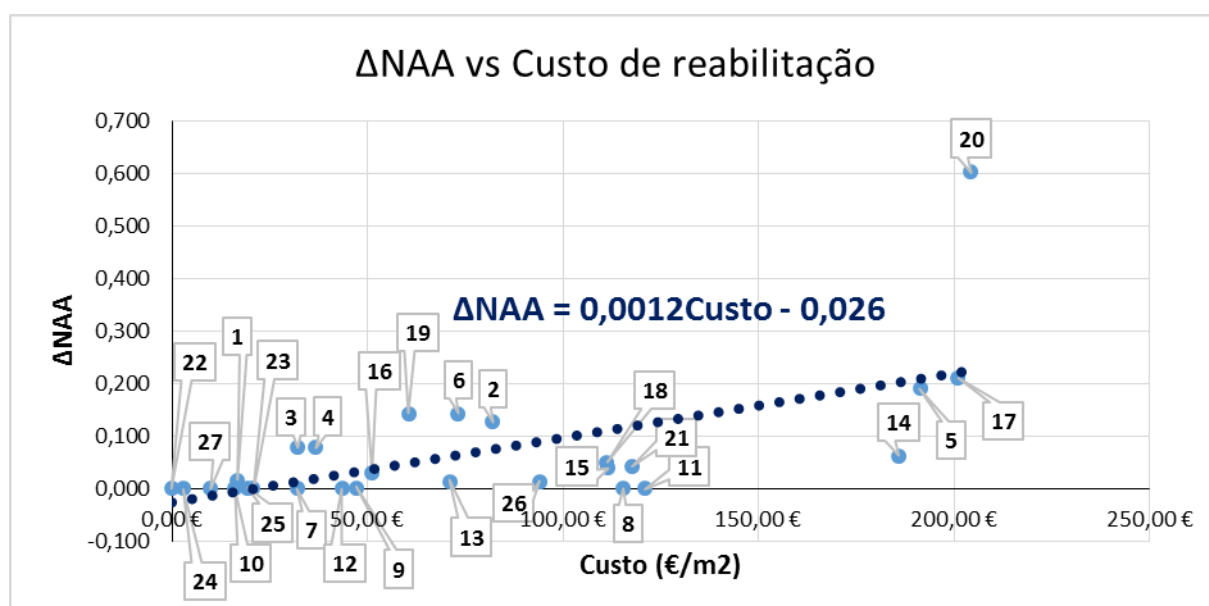
Utilizando os fogos exemplo de cada tipo de construção apresentada no capítulo anterior, efetuou-se o cálculo, segundo o *Método LNEC* (cf. [8]), do índice NAA, da sua variação (ΔNAA) e dos custos de reabilitação correspondentes.

Fogo exemplo:		ΔNAA :	Custo reabilitação:
Fogo exemplo em cantaria de pedra	Reabilitação mais económica	0,016	16,83 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,127	82,04 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,079	32,03 €/m ²
Fogo exemplo em alvenaria de pedra	Reabilitação mais económica	0,079	36,67 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,191	191,24 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,143	73,21 €/m ²
Fogo exemplo em taipa	Reabilitação mais económica	0,000	32,01 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,000	115,35 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,000	47,21 €/m ²
Fogo exemplo em adobe	Reabilitação mais económica	0,000	15,99 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,000	120,89 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,000	43,42 €/m ²
Fogo exemplo pombalino	Reabilitação mais económica	0,014	70,94 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,062	185,82 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,039	111,38 €/m ²
Fogo exemplo gaioleiro	Reabilitação mais económica	0,029	51,13 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,210	200,86 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,049	111,08 €/m ²

Fogo exemplo de placa	Reabilitação mais económica	0,143	60,48 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,603	204,30 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,043	117,53 €/m ²
Fogo exemplo em betão armado (moradia)	Reabilitação mais económica	0,000	0,00 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,001	20,72 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,000	3,04 €/m ²
Fogo exemplo em betão armado (apartamento)	Reabilitação mais económica	0,000	19,18 €/m ²
	Reabilitação boa acusticamente	0,014	94,01 €/m ²
	Reabilitação intermédia	0,000	9,82 €/m ²

Tabela 1 – Resumo de cálculos do Método LNEC aplicado aos fogos exemplo

Para determinar a relação entre o investimento de reabilitação e a ascensão de classes foi necessário observar a dispersão de resultados da relação (ΔNAA vs Custo de reabilitação). Analisando estes resultados foi possível identificar a respetiva tendência de valores conforme se observa no gráfico da figura abaixo.



1	Ed. cantaria - Reab. mais eco.	10	Ed. adobe - Reab. mais eco.	19	Ed. placa - Reab. mais eco.
2	Ed. cantaria - Reab. boa acu.	11	Ed. adobe - Reab. boa acu.	20	Ed. placa - Reab. boa acu.
3	Ed. cantaria - Reab. Intermédia	12	Ed. adobe - Reab. Intermédia	21	Ed. placa - Reab. Intermédia
4	Ed. alvenaria - Reab. mais eco.	13	Ed. pombalino - Reab. mais eco.	22	Ed. recente moradia - Reab. mais eco.
5	Ed. alvenaria - Reab. boa acu.	14	Ed. pombalino - Reab. boa acu.	23	Ed. recente moradia - Reab. boa acu.
6	Ed. alvenaria - Reab. Intermédia	15	Ed. pombalino - Reab. Intermédia	24	Ed. recente moradia - Reab. Intermédia
7	Ed. taipa - Reab. mais eco.	16	Ed. gaioleiro - Reab. mais eco.	25	Ed. recente apartamento - Reab. mais eco.
8	Ed. taipa - Reab. boa acu.	17	Ed. gaioleiro - Reab. boa acu.	26	Ed. recente apartamento - Reab. boa acu.
9	Ed. taipa - Reab. Intermédia	18	Ed. gaioleiro - Reab. Intermédia	27	Ed. recente apartamento - Reab. Intermédia

Figura 1 – ΔNAA vs Custo de reabilitação

A determinação da equação que reproduz a tendência observada no gráfico da *Figura 1* é feita através de um método de regressão linear. Deste modo obtém a equação seguinte:

Varição do índice NAA devido ao custo de reabilitação:

$$\Delta NAA = 0,0012Custo - 0,026 \quad (1)$$

Em que:

Custo é o custo de reabilitação por metro quadrado [€/m²]

Pela inversão da *Equação 1* obtém-se o respetivo custo de reabilitação em função da variação de NAA, conforme apresentado na *Equação 2*.

Custo de reabilitação em função de ΔNAA :

$$Custo = (\Delta NAA + 0,026) / 0,0012 \quad [€/m^2] \quad (2)$$

Sendo a variação de NAA a diferença entre o valor pretendido e o valor existente, então pode-se transformar a equação anterior na seguintes forma:

Custo de reabilitação em função do NAA pretendido:

$$Custo = ((NAA_{\text{pretendido}} - NAA_{\text{existente}}) + 0,026) / 0,0012 \quad [€/m^2] \quad (3)$$

Utilizando os limites de NAA de cada *Classe Acústica LNEC*, conforme apresentados na *Tabela 2*, é possível obter os limites extremos de ΔNAA .

Classe	Domínio da pontuação	Descrição do conforto correspondente
A	$NAA \geq 2,5$	Permite assegurar padrões de conforto acústico de alto nível exigencial (qualidade muito boa).
B	$1,5 \leq NAA < 2,5$	Cumpram patamar exigencial de conforto acústico superior ao preconizado pela regulamentação aplicável (qualidade recomendável).
C	$1,0 \leq NAA < 1,5$	Cumpram genericamente com o disposto na regulamentação aplicável e/ou assegura condições mínimas de conforto acústico.
D	$NAA < 1,0$	Não conforme à legislação e/ou não assegurando desempenho acústico adequado.

Tabela 2 – *Classes Acústicas LNEC*

A determinação dos limites extremos da variação ΔNAA faz-se considerando os valores mínimos e máximos de NAA da classe existente e os valores mínimos e máximos de NAA da classe pretendida.

Exemplificando este cálculo, caso se pretenda passar da Classe D para a Classe C, cada classe tem um valor de NAA mínimo e máximo (i valor mínimo; s valor máximo). Deste modo os valores limites seriam Di (NAA = 0), Ds (NAA≈1), Ci (NAA=1) e Cs (NAA≈1,5), existindo assim quatro hipóteses máximas e mínimas: passagem de Di para Ci; passagem de Di para Cs; passagem de Ds para Ci e passagem de Ds para Cs.

Deste modo para cada escolha de variação entre classes existem 4 hipóteses extremas de variação de NAA, conforme observado na *Tabela 3* e na *Tabela 4*.

	Hipóteses para Δ NAA	NAA existente	NAA pretendido	Custo (€/m ²)	Min	Max
Escolha A	Di to Ci	0	1	855,00 €	21,67 €	1.271,67 €
	Di to Cs	0	1,5	1.271,67 €		
	Ds to Ci	1	1	21,67 €		
	Ds to Cs	1	1,5	438,33 €		
Escolha B	Di to Bi	0	1,5	1.271,67 €	438,33 €	2.105,00 €
	Di to Bs	0	2,5	2.105,00 €		
	Ds to Bi	1	1,5	438,33 €		
	Ds to Bs	1	2,5	1.271,67 €		
Escolha C	Di to Ai	0	2,5	2.105,00 €	1.271,67 €	2.521,67 €
	Di to As	0	3	2.521,67 €		
	Ds to Ai	1	2,5	1.271,67 €		
	Ds to As	1	3	1.688,33 €		
Escolha E	Ci to Bi	1	1,5	438,33 €	21,67 €	1.271,67 €
	Ci to Bs	1	2,5	1.271,67 €		
	Cs to Bi	1,5	1,5	21,67 €		
	Cs to Bs	1,5	2,5	855,00 €		
Escolha F	Ci to Ai	1	2,5	1.271,67 €	855,00 €	1.688,33 €
	Ci to As	1	3	1.688,33 €		
	Cs to Ai	1,5	2,5	855,00 €		
	Cs to As	1,5	3	1.271,67 €		
Escolha I	Bi to Ai	1,5	2,5	855,00 €	21,67 €	1.271,67 €
	Bi to As	1,5	3	1.271,67 €		
	Bs to Ai	2,5	2,5	21,67 €		
	Bs to As	2,5	3	438,33 €		

Tabela 3 – Possibilidades de variações entre classes

		Classe pretendida			
		Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
Classe existente	Classe D	N/A	Escolha A	Escolha B	Escolha C
	Classe C	N/A	N/A	Escolha E	Escolha F
	Classe B	N/A	N/A	N/A	Escolha I
	Classe A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabela 4 – Possibilidades de escolhas de melhoria de classe

Utilizando os valores limites das *Classes Acústicas LNEC* e a equação dos Custos de reabilitação em função do NAA pretendido (*Equação 3*) é possível determinar os custos necessários para ascender entre classes.

Os custos mínimos e máximos de reabilitação acústica para as possibilidades de escolhas de melhoria de classes podem então ser os seguintes:

		Classe Acústica LNEC pretendida:			
		Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
Classe Acústica LNEC existente:	Classe D	N/A	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²	Mín. = 438,42 €/m ² Máx. = 2105,08 €/m ²	Mín. = 1271,67 €/m ² Máx. = 2521,67 €/m ²
	Classe C	Valor negativo	N/A	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²	Mín. = 855,00 €/m ² Máx. = 1688,33 €/m ²
	Classe B	Valor negativo	Valor negativo	N/A	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²
	Classe A	Valor negativo	Valor negativo	Valor negativo	N/A

Tabela 5 – Possibilidades de variação de custos entre classes

5 Conclusões

Após a análise dos custos de reabilitação acústica da componente *Habituação* do *Método LNEC*, conforme exposto ao longo desta publicação, foram determinados os custos médios de transição entre as classes do *Método LNEC*. Desde modo, tem-se assim a determinação dos custos de reabilitação desde a Classe D até à Classe A. Esta análise resulta na criação do ábaco abaixo.

		Classe Acústica LNEC pretendida:			
		Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
Classe Acústica LNEC existente:	Classe D	–	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²	Mín. = 438,42 €/m ² Máx. = 2105,08 €/m ²	Mín. = 1271,67 €/m ² Máx. = 2521,67 €/m ²
	Classe C	–	–	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²	Mín. = 855,00 €/m ² Máx. = 1688,33 €/m ²
	Classe B	–	–	–	Mín. = 21,67 €/m ² Máx. = 1271,67 €/m ²
	Classe A	–	–	–	–

Figura 2 – Ábaco de custos de transição entre *Classes Acústicas LNEC*

O resultado deste estudo permite assim a determinação aproximada dos custos de reabilitação, por m². Esta ferramenta, embora não determine os custos exatos, é uma base para estimar o valor de investimento na reabilitação acústica, desde que se utilizem medidas exatas de áreas brutas de construção.



Referências

- [1] CYPE Ingenieros, S.A. – **Gerador de preços para construção civil: Portugal** [Em linha]. Espanha: CYPE, 2015. Disponível em WWW:<URL:<http://www.geradordeprecos.info/>>;
- [2] FERREIRA, Anthony Paul Couto – **Acústica de edifícios: estudo de impacto económico associado ao método de classificação acústica** [Em linha]. Évora: UEVORA, 2016. Dissertação de Mestrado. Disponível em WWW:<URL:<http://hdl.handle.net/10174/18205>>;
- [3] MAOTDR – **DECRETO-LEI nº 9/2007. Regulamento Geral do Ruído** D.R. I Série. 12 (2007-01-17) 389-398 [Em linha]. Disponível em WWW:<URL:<http://dre.pt/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.pdf>>;
- [4] MAOTDR – **DECRETO-LEI nº 96/2008. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios** D.R. I Série. 110 (2008-06-09) 3359-3372 [Em linha]. Disponível em WWW:<URL:<http://dre.pt/pdf1sdip/2008/06/11000/0335903372.pdf>>;
- [5] ORÇAMENTOS E ORÇAMENTAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – **Fichas de rendimento** [Em linha]. Portugal. [Consult. 2015]. Disponível em WWW:<URL: <http://orcamentos.eu/fichas-de-rendimento/>>;
- [6] PATRÍCIO, Jorge – **Acústica nos Edifícios** 6ª ed. LISBOA: Verlag Dashofer, 2010. 414 p. ISBN 978-972-890-655-9;
- [7] PATRÍCIO, Jorge – **Isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão: Metodologias de caracterização**. Ed. 1999. Lisboa: LNEC, 1999. (ITE 45). ISBN 972-49-1823-8;
- [8] PATRÍCIO, Jorge – **Método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais** 1ª ed. LISBOA: LNEC, 2013. (NS 125). ISBN 978-972-49-2253-9;
- [9] SILVA, José Júlio Braga Correia da – **Desenvolvimento de Modelo de Previsão do comportamento de uma parede em relação ao isolamento aos sons aéreos** [Em linha]. Porto: FEUP, 1994. Tese de Mestrado. Disponível em WWW:<URL: <http://hdl.handle.net/10216/13011>>.