



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Contributo para a melhoria do comportamento térmico e acústico de envidraçados em edifícios com valor patrimonial: caso de estudo em Viseu

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular “Dissertação em Reabilitação Não Estrutural I” do Curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios

Autor

Marina Isabel Ferreira das Neves

Orientadores

Maria Isabel Morais Torres

Diogo Manuel Rosa Mateus

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Julho, 2016

RESUMO

Com este estudo pretende-se caracterizar os envidraçados das construções do Centro Histórico de Viseu e desenvolver estratégias de reabilitação que, nos casos pertinentes, permitam preservar o valor histórico e cultural que estes possam apresentar e simultaneamente dotar as habitações, ao nível dos envidraçados, de condições de conforto ao nível das exigências atuais.

Neste sentido, numa primeira fase, o estudo passa por fazer um levantamento dos envidraçados, numa segunda fase esses envidraçados serão devidamente caracterizados e, finalmente, na terceira fase, serão estabelecidas estratégias de intervenção tendo em vista a reabilitação dos envidraçados em função das principais características e dos objetivos que estejam na base da reabilitação.

Pretende-se que do trabalho resulte não só uma caracterização minuciosa dos envidraçados do Centro Histórico de Viseu tendo em vista a sua documentação, mas também um conjunto de procedimentos e recomendações que permita identificar e tipificar as intervenções de reabilitação em função dos objetivos pretendidos por forma a constituir-se como um auxiliar aos projetistas e aos técnicos camarários responsáveis pela avaliação das propostas de intervenção.

Palavras-chave: envidraçados, reabilitação, estratégias de intervenção, desempenho térmico, desempenho acústico, Centro Histórico de Viseu.

ÍNDICE

Resumo	iii
Índice	1
1 Enquadramento geral da temática.....	1
2 Objeto de estudo e objetivos do trabalho a desenvolver	3
2.1 Formulação das questões a investigar.....	3
2.2 Formulação das hipóteses/expectativas de sucesso	3
3 Metodologia do trabalho a desenvolver e recursos necessários	5
3.1 Metodologia do trabalho a desenvolver.....	5
3.2 Recursos necessários.....	5
4 Plano de Trabalhos	7
4.1 Fase I.....	7
4.2 Fase II	8
4.3 Fase III.....	9
4.4 Cronograma	10
5 Principais referências bibliográficas.....	12
6 Bibliografia.....	13

1 ENQUADRAMENTO GERAL DA TEMÁTICA

O presente estudo enquadra-se no âmbito dos trabalhos de reabilitação do Centro Histórico de Viseu. O Centro Histórico de Viseu, designação corrente, corresponde, do ponto de vista administrativo, à Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística (ACRRU), que abrange uma área equivalente a cerca de 25,4 hectares, envolvendo 628 edifícios, dos quais 152 estão em mau estado de conservação, sendo a maior percentagem do edificado anterior a 1950 (Município de Viseu, 2014), Figura 1.

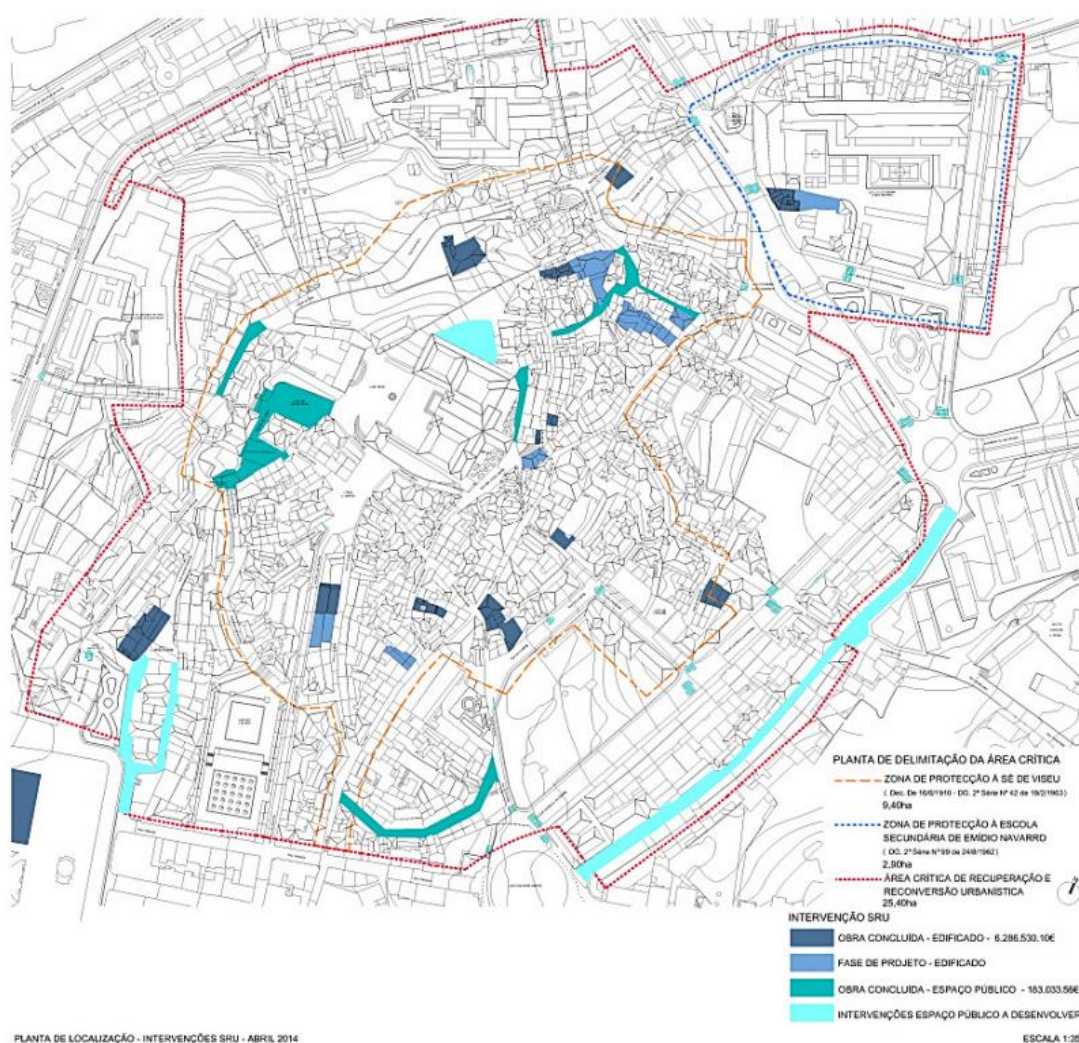


Figura 1 – Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística (Município de Viseu, 2014).

Os envidraçados são elementos fundamentais para o conforto e usabilidade de uma construção pois providenciam proteção das agressões exteriores, nomeadamente regulação da luz natural, ruído e variações de temperatura. São também elementos com valor histórico e cultural que interessa documentar e preservar.

Além disso são elementos que não podem deixar de ser tidos em consideração quando se coloca a questão da sustentabilidade energética do planeta. De facto, de acordo com a ADENE (2016), o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de, aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, de acordo com a mesma fonte, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética. Os envidraçados, são um elemento por onde se dão grandes trocas de calor entre o interior e o exterior de um edifício, pelo que o seu bom desempenho térmico certamente também contribuirá para um aumento significativo da eficiência energética global dos edifícios.

O Município de Viseu atualmente tem em vigor um *Programa de Correção Acústica* que tem como principal objetivo garantir a melhoria da qualidade de vida dos residentes em zonas de maior incidência de ruído noturno. No âmbito deste programa, o Município de Viseu comparticipa intervenções nos envidraçados. No entanto, o Município de Viseu não apresenta uma estratégia clara para estas intervenções, limitando-se a sugerir diretrizes genéricas, e.g. substituição de vidro simples por vidro duplo, substituição de caixilharias simples existentes por caixilharias com vidro duplo, aplicação de material absorvente sonoro na caixa de estore, etc. (Viseu Novo SRU, 2016). Apesar de ser compreensível que, no caso de reabilitação de envidraçados em edifícios antigos, as exigências funcionais poderem entrar em conflito com exigências culturais – o que impede a definição de procedimentos rígidos para o enquadramento destas operações de reabilitação – as entidades competentes não se podem demitir desta função, devendo alternativamente definir estratégias adaptáveis que permitam, a seleção de intervenções adequadas caso a caso.

O presente documento visa estruturar um trabalho de reflexão que, conduza a estratégias de intervenção sobre os envidraçados do Centro Histórico de Viseu devidamente fundamentadas em termos históricos, arquitetónicos e técnicos.

2 OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1 Formulação das questões a investigar

Com este estudo pretende-se caracterizar os envidraçados das construções do Centro Histórico de Viseu tendo em vista a sua documentação e o desenvolvimento de estratégias de reabilitação que preservem os valores históricos e arquitetónicos e que permitam igualmente cumprir os requisitos mínimos funcionais atuais destes elementos, sendo dada particular relevância ao comportamento térmico e acústico.

Como ponto de partida, de entre as estratégias de reabilitação possíveis, serão consideradas as seguintes alternativas:

- (i) restauro;
- (ii) conservação com melhoria de desempenho;
- (iii) substituição com preservação do *desenho* original;
- (iv) substituição sem preservação do *desenho* original.

Estas estratégias serão estudadas e enquadradas na realidade do Centro Histórico de Viseu, procurando-se identificar as mais e menos valias de cada uma bem como os casos em que serão recomendáveis.

As questões a responder no âmbito deste estudo são por isso: *o que fazer, como fazer e quando fazer*.

Serão ainda caracterizados os envidraçados que foram alvo de intervenção recente por forma a avaliar as melhorias de desempenho que estes conduziram relativamente às soluções primitivas.

2.2 Formulação das hipóteses/expectativas de sucesso

Espera-se que do trabalho resulte um documento com duas vertentes distintas:

- (i) registo documental dos envidraçados existentes no Centro Histórico de Viseu, com uma caracterização pormenorizada da geometria e das características físicas;
- (ii) procedimentos que permitam orientar intervenções de reabilitação futuras de envidraçados no Centro Histórico de Viseu, de forma equilibrada, tentando preservar o valor histórico dos envidraçados existentes, mas não descuidando os requisitos funcionais mínimos atualmente expetáveis de um envidraçado.

Relativamente ao objeto de estudo, do que já foi possível apurar no decorrer de uma visita ao Centro Histórico de Viseu, as características mais comuns nos envidraçados são:

- (i) os vãos ocupam uma área muito significativa da área das fachadas das construções, sendo por isso um elemento marcante da sua arquitetura;
- (ii) os vãos são retangulares com ombreiras, padieiras e parapeitos materializadas com lancis de granito;
- (iii) a dimensão horizontal do vão é inferior à dimensão vertical, o que pode decorrer das limitações permitidas pela resistência à flexão dos lancis de granito que materializam a padieira;
- (iv) os envidraçados são constituídos por caixilhos de madeira;
- (v) são frequentes dois mecanismos de fecho:
 - janela de guilhotina com painel superior fixo (3*2 módulos de vidros por painel);
 - janela e porta de acesso à sacada de batente com duas folhas de abertura para o interior e bandeira com caixilho fixo (2*3 ou 2*4 módulos de vidro por folha).

3 METODOLOGIA DO TRABALHO A DESENVOLVER E RECURSOS NECESSÁRIOS

3.1 Metodologia do trabalho a desenvolver

O trabalho será desenvolvido em três fases que se irão processar de forma sequencial e que genericamente podem ser entendidas como *levantamento* (Fase I), *análise* (Fase II) e *formulação de planos de ação* (Fase III).

Mais em particular, em cada uma destas fases procurar-se à alcançar os seguintes objetivos:

- (i) Fase I – levantamento das características geométricas e funcionais dos envidraçados de um número representativo de construções;
- (ii) Fase II – levantamento exaustivo das características de um número reduzido mas representativo das tipologias dominantes dos envidraçados das construções do Centro Histórico de Viseu com potencial valor histórico, bem como de envidraçados resultantes de intervenções que tenham tido lugar recentemente;
- (iii) Fase III – desenvolvimento de estratégias de reabilitação que, nos casos pertinentes, permita preservar o valor histórico e cultural que os envidraçados possam apresentar e simultaneamente dotar as construções, ao nível dos envidraçados, de condições de conforto ao nível das exigências atuais.

3.2 Recursos necessários

Em termos de recursos necessários, sem prejuízo de outros que posteriormente se venham a verificar ser indispensáveis, podem-se identificar:

- (i) Fase I
 - mapa do Centro Histórico de Viseu com identificação individualizada de cada construção;
 - máquina fotográfica digital com resolução e objetivas adequadas a fotografias tiradas a uma distância aproximadamente entre 1 e 6 m;

— computador com sistema CAD;

(ii) Fase II

— acesso ao acervo normativo do Instituto Português da Qualidade e/ou a outras normas e especificações nacionais e internacionais relevantes;

— acesso a arquivos e registos históricos relativos ao património construído no Centro Histórico de Viseu;

— equipamentos de ensaio preconizados nas normas e especificações de cada ensaio e respetivos operadores;

— computador com sistema CAD;

(iii) Fase III

— acesso ao acervo normativo do Instituto Português da Qualidade e/ou a outras normas e especificações nacionais e internacionais relevantes;

— carpinteiro experiente (para análise da viabilidade de restauro);

— acesso a fichas técnicas de envidraçados disponíveis comercialmente.

4 PLANO DE TRABALHOS

4.1 Fase I

Na Fase I, a fase de *levantamento*, a metodologia a seguir compreenderá os seguintes passos:

(FI-T1) delimitar geograficamente uma zona dentro do Centro Histórico de Viseu que se possa considerar representativa – tal como mostra a Figura 1, o Centro Histórico de Viseu é extenso (compreende 628 edifícios (Município de Viseu, 2014)), pelo que não é viável o levantamento integral dos envidraçados;

(FI-T2) levantamento fotográfico dos envidraçados do edificado de uma área representativa do Centro histórico de Viseu, *e.g.* Figura 2.



Figura 2 – Exemplos de envidraçados na Rua Direita, Viseu.

- (FI-T3) agrupamento dos envidraçados por tipologias homogéneas tendo em vista a sistematização do seu estudo – os critérios a adotar no agrupamento (geometria, época, localização geográfica) serão definidos em função dos resultados do levantamento;
- (FI-T4) seleção de um número reduzido, mas representativo, de tipologias de envidraçados com valor histórico;
- (FI-T5) levantamento e caracterização geométrica aprofundada das tipologias de envidraçados selecionados no ponto anterior, identificando os materiais e delimitando e analisando o período histórico e os processos construtivos envolvidos na sua produção.

4.2 Fase II

Na Fase II, a fase de *análise*, o estudo passará por caracterizar os envidraçados ao nível de vários aspetos funcionais. Esta fase incorpora as seguintes tarefas:

- (FII-T1) caracterização do comportamento de envidraçados existentes e com potencial valor histórico/cultural – a caracterização pode incluir, dependendo da disponibilidade de meios e do acesso permitido aos objetos de estudo:
 - (i) estado de conservação dos materiais constituintes dos envidraçados (vidro, caixilharia, betumes, tintas, ferragens);
 - (ii) mecanismos de fecho/abertura;
 - (iii) integridade estrutural (resistência e deformação ao vento);
 - (iv) proteções solares existentes (portadas, estores);
 - (v) coeficiente de transmissão térmica;
 - (vi) coeficiente de transmissão luminosa;
 - (vii) comportamento acústico;
 - (viii) permeabilidade ao ar;
 - (ix) estanqueidade à água;
 - (x) reação ao fogo.

A caracterização será levada a cabo por inspeção visual (com apoio de fotografias digitais) e com recurso a ensaios laboratoriais e *in situ* e por estimativa com recurso a procedimentos numéricos simplificados (nos casos em que existam procedimentos estabelecidos para o efeito).

(FII-T2) compilação da documentação relativa a exigências funcionais dos envidraçados – para levar a cabo a tarefa anterior será necessário efetuar uma pesquisa bibliográfica, de onde se pode referir desde já os seguintes documentos normativos: a NP 4517 (2015), o RCCTE (2006), o RRAE (2002) e o RSA (1983);

(FII-T3) caracterização do comportamento de envidraçados recentes – tendo em atenção que a Câmara de Viseu tem apoiado recentemente intervenções que conduziram à substituição de envidraçados, mas que não dispõe de nenhum guião que lhe permita identificar as melhores soluções, procurar-se-á caracterizar não só os envidraçados *antigos* mas também os decorrentes de intervenções recentes, tendo em vista a aferição das melhorias daí decorrentes.

Note-se que, apesar do tema proposto referir exclusivamente o comportamento térmico e acústico, uma estratégia de intervenção tendo em vista a reabilitação de qualquer elemento deve ser integrada, o que justifica a caracterização em termos de outros aspetos.

4.3 Fase III

Finalmente, na Fase III, a fase de *definição dos planos de ação*, serão estabelecidas estratégias de intervenção tendo em vista a reabilitação dos envidraçados em função das principais características das tipologias identificadas na fase anterior. A metodologia a adotar será a seguinte:

(FIII-T1) inventário dos processos de reabilitação de envidraçados disponíveis na bibliografia, nomeadamente elementos de madeira e dos respetivos mecanismos de abertura/fecho;

(FIII-T2) desenvolvimento de estratégias de intervenção, identificando as situações em que cada uma se mostra mais adequada, sendo expectável o desenvolvimento das seguintes diretrizes:

- a. restauro – neste âmbito, entenda-se como restauro a reposição para um estado idêntico ao inicial, esta é a solução que melhor garante o respeito pelo património histórico/arquitetónico e a própria integração urbana, ainda que as

melhorias de desempenho possam ser diminutas; esta estratégia pode ser alcançada ainda por dois caminhos:

- recorrendo a técnicas e materiais tradicionais – apresenta como principal inconveniente o custo e a dificuldade em identificar artesãos experientes e capazes;
 - recorrendo a técnicas e materiais contemporâneos – apresenta menores custos e pode conduzir a maiores melhorias de desempenho, mas pode desvirtuar o envidraçado original;
- b. conservação com melhoria de desempenho significativas – neste tipo de intervenção o objetivo será preservar o envidraçado original, mas obter melhorias de desempenho significativas recorrendo a outras soluções, e.g. introdução de um caixilho interior, não eliminando o envidraçado original, que no entanto, permanece apenas com função *ornamental*;
- c. substituição com preservação do *desenho* original – neste tipo de intervenção o envidraçado original é substituído por um novo que reproduza o *desenho* original, tendo como objetivo obter melhorias de desempenho significativas;
- d. substituição sem preservação do *desenho* original – neste tipo de intervenção o envidraçado original é substituído por um novo, que pode estar disponível comercialmente ou ser desenhado para o efeito, e que não procura reproduzir o *desenho* original, tendo como objetivo obter melhorias de desempenho significativas.

4.4 Cronograma

Na Figura 3 apresenta-se a calendarização expectável para as tarefas das três fases assumindo dezoito semanas de trabalho. Note-se que, apesar de não dever ser considerada uma fase do trabalho individualizada, a escrita da dissertação será designada por *Fase IV*.

Figura 3 – Calendarização dos trabalhos.

Tarefa	Semana																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
FI-T1	■																	
FI-T2	■	■																
FI-T3		■	■															
FI-T4			■	■														
FI-T5			■	■														
FII-T1					■	■	■	■										
FII-T2				■	■	■	■											
FII-T3								■	■	■	■							
FIII-T1												■	■	■	■			
FIII-T2															■	■	■	■
FIV	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A referência mais relevante na área em que o estudo se desenvolverá é o trabalho publicado por Lopes (2006) focado na reabilitação das caixilharias de madeira do edificado portuense do século XIX. Este autor focou o seu trabalho no enquadramento histórico, geográfico e arquitetónico dos caixilhos – que são aprofundadamente caracterizados –, realçou a importância do diagnóstico na definição da estratégia de reabilitação e apresentou algumas considerações relativas a diversas estratégias de reabilitação – que se prevê que venham a ser retomadas e aprofundadas no trabalho presente, depois e devidamente adaptadas à realidade do Centro Histórico de Viseu.

O New York Landmarks Conservancy (1992) apresenta procedimentos de reabilitação de envidraçados de madeira e metálicos de guilhotina do século XIX nos Estados Unidos da América. Este livro foca a inspeção, diagnóstico e restauro dos caixilhos, não focando nenhuma das outras estratégias identificadas na secção 4.3.

Ainda no campo exclusivo do restauro de janelas e portadas com valor histórico, mas agora aplicado à realidade portuguesa, é de referir o estudo levado a cabo por Gomes (2009). Neste trabalho é levado a cabo um enquadramento histórico do tema, dos princípios que devem nortear o restauro destes elementos e dos materiais e técnicas a empregar não só no restauro dos elementos de madeira e metal que constituem os caixilhos, mas também do vidro e das pedras constituintes dos vãos.

Será ainda levado em consideração o trabalho desenvolvido por Pinho (2013), onde é levado a cabo um estudo aprofundado sobre o comportamento térmico de envidraçados com caixilho de alumínio. Este trabalho será tido em consideração por dois motivos distintos: (i) apresenta uma compilação de soluções devidamente caracterizadas em termos de comportamento térmico que pode ser consideradas ao abrigo de algumas das estratégias de reabilitação e (ii) apresenta ferramentas de cálculo automático simplificadas que permitem avaliar o comportamento térmico de envidraçados.

Note-se ainda que, de uma forma geral (com exceção da publicação da New York Landmarks Conservancy (1992)), todas as referências identificadas nesta secção fornecem um enquadramento da normalização aplicável a caixilhos em Portugal (à data de cada uma), que será devidamente tido em consideração no decorrer dos trabalhos. Nesse sentido, também é de referir a normalização aplicável, *e.g.* NP 4517 (2015), RCCTE (2006), REH (2013), RRAE (2002).

6 BIBLIOGRAFIA

ADENE (2016), <http://www.adene.pt/textofaqs/o-que-e-0> (acedido a 29.06.2016).

CCDRC (1986), *Caixilharia: Projecto MEREC - Sector de Construção*, Câmara Municipal da Guarda.

Gomes, A. (2009), *Janelas e portadas históricas – história, desempenho, reparação e conservação. Conservação e restauro de edifícios históricos – janelas históricas*, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 220.

Lopes, N. (2006), *Reabilitação de Caixilhariadas de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX – Do Restauro à Seleção Exigencial de uma Nova Caixilharia: o Estudo do Caso da Habitação Corrente Portuense*, Tese de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, Universidade do Porto, 136.

Município de Viseu (2014), *Viseu Viva, Plano de Ação para a Revitalização do Centro Histórico de Viseu – Documento de Pós-Consulta Pública*, 39.

New York Landmarks Conservancy (1992), *Repairing Old and Historic Windows: A Manual for Architects and Homeowners*, John Wiley & Sons Inc.

NP 4517 (2015), *Especificação dos requisitos de desempenho das janelas, portas e fachadas leves com vidro em função das suas solicitações*, Instituto Português da Qualidade, 37.

Viseu Novo SRU (2016), <http://www.viseunovo.pt/> (acedido a 29.06.2016).

Pinho, V. (2013), *Caracterização térmica de vãos envidraçados e respetivas proteções solares*, Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções, Universidade do Porto, 184.

RCCTE (2006), *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, Decreto-Lei 80/2006 de 04 de abril.

REH (2013), *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação*, Decreto-Lei 118/2013 com sucessivas alterações, sendo a última prevista no Decreto-Lei 28/2016 de 23 de junho.

RRAE (2008), *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*, Diário da República, Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de maio, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de junho.

RSA (1983), *Regulamento de segurança e ações para estruturas de edifícios e pontes*, Diário da República, Decreto-Lei 235/83 de 31 de Maio.