

TÓPICO 3 – Procedimentos

Análise de um quarteirão da Avenida Dr. Lourenço Peixinho - Aveiro

Sandra Costa^{1,a}, Humberto Varum^{1,b} e Aníbal Costa^{1,c}

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, Portugal

^asandrakoste@gmail.com, ^bhvarum@ua.pt, ^cacosta@ua.pt

Palavras-chave: Vulnerabilidade sísmica, Edifícios existentes, Quarteirão

Resumo. A Avenida Dr. Lourenço Peixinho, construída no primeiro quarto do século XX, surge da necessidade de expansão da cidade de Aveiro, tendo sido determinante para o desenvolvimento desta, estabelecendo a ligação entre a estação de caminho-de-ferro e o centro da cidade. Esta veio alterar o parque edificado até aquela data nesta zona da cidade. Inicialmente houve a preocupação e cuidado em construir de uma forma planeada de forma a garantir uma coerência de linguagem arquitectónica mas, com o decorrer dos anos, este cuidado foi-se esvanecendo. Assim, actualmente as elegantes moradias tradicionais de dois andares em estilo arte nova surgem paredes-meias com prédios recentes em betão armado de três a sete andares. Na Avenida encontram-se construções que retratam uma série de épocas, desde o neoclássico, passando pela arte-nova e o modernismo. Actualmente, a maioria destas encontra-se em avançado estado de degradação, causado pela falta de manutenção e conservação e, em alguns casos, devido a alterações estruturais inadequadas em intervenções recentes. Esta situação atingiu-se devido à falta de estratégias concertadas para a conservação do património existente. Assim, justifica-se que sejam estudadas e desenvolvidas metodologias de análise e soluções de conservação, e eventualmente reforço, que, respeitando a identidade do património edificado, permitam avaliar a segurança e reduzir a vulnerabilidade sísmica destas construções existentes. Pretende-se com esta comunicação apresentar os principais resultados do trabalho de caracterização de um quarteirão da Avenida Dr. Lourenço Peixinho, nomeadamente no que respeita à sua época de construção, material da estrutura resistente, regulamentação usada, estado de conservação, descontinuidades observadas, intervenções estruturais realizadas, cálculo sísmico, etc.

Introdução

O estudo de um quarteirão da Avenida Dr. Lourenço Peixinho surgiu com o objectivo de analisar os principais problemas não apenas de um quarteirão específico da cidade de Aveiro, mas dos problemas que a grande parte dos centros históricos apresentam. Esta situação deveu-se sobretudo à densificação descontrolada que adveio da necessidade de crescimento das cidades. Assim as moradias isoladas rapidamente deram lugar a construções mais urbanas, com vertente de comércio, e mais tarde edifícios em altura. A maioria dos edifícios antigos não conseguiram resistir à especulação imobiliária, sendo demolidos. E os que se mantiveram “vivem” hoje paredes-meias com os de betão armado.

O estudo baseou-se na análise e caracterização de um quarteirão constituído por 13 edifícios quarteirão, do ponto de vista da concepção (ano de construção, nº de pisos, regularidade, alinhamento de pisos, estado de conservação, etc.) e posteriormente recorrendo aos projectos, os materiais estruturais, regulamentação, cálculo sísmico, etc.).

Da análise realizada conclui-se que o quarteirão apresenta uma série de aspectos que influenciam o seu comportamento estrutural de forma negativa, aspectos estes observáveis noutros centros históricos. Deste modo a necessidade e pertinência da sua análise, que servirá de base para a elaboração de soluções de reforço que reduzam a sua vulnerabilidade.

Espera-se assim contribuir para a concepção de soluções requalificadoras e interventivas de reabilitação que reduzam a vulnerabilidade sísmica do edificado, e ao mesmo tempo preservem o património edificado conservando a sua identidade.

Descrição do quarteirão em estudo

O quarteirão em estudo situa-se na Avenida Lourenço Peixinho, tendo a sul o Canal do Côjo, a oeste a Travessa do Mercado e a este o Edifício da Capitania. Este desenvolve-se ao longo de cerca de 222 metros ao longo da Avenida, com uma largura média de cerca de 28 m para a profundidade da construção. Trata-se de um quarteirão com características particulares e assim a sua escolha para o estudo. No entanto, de salientar que no estudo elaborado a Capitania foi excluída, dado não se encontrar contígua aos edifícios do quarteirão.

A maioria dos edifícios do quarteirão destina-se a comércio, restauração e serviços, tal como acontece no resto da Avenida. Para a globalidade da Avenida temos que 42% se destina a serviços, 16% ao comércio e restauração e 32% para habitação, cuja percentagem tem vindo a diminuir com os anos [1]. Assiste-se também ao aumento dos espaços desocupados e abandonados, podendo atingir 10% da área total [1], sendo um dos problema que a Avenida actualmente enfrenta.

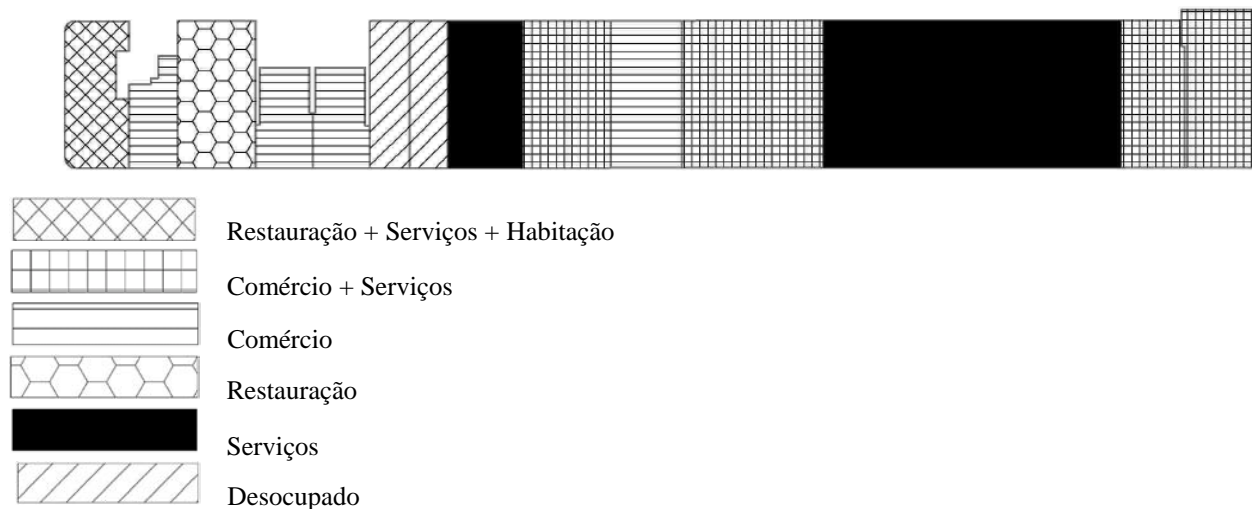


Figura 1 – Distribuição em planta dos usos dos edifícios do quarteirão em estudo [1]

Análise do quarteirão

Ao analisar o quarteirão do ponto de vista do ano de construção verificou-se que este apresenta edifícios de épocas distintas, nomeadamente edifícios da década de 20, até edifícios em betão armado dos anos 90 (Figura 2). Aferiu-se também que existe pelo menos um edifício de cada década desde 1920 até 1990 (Figura 3).

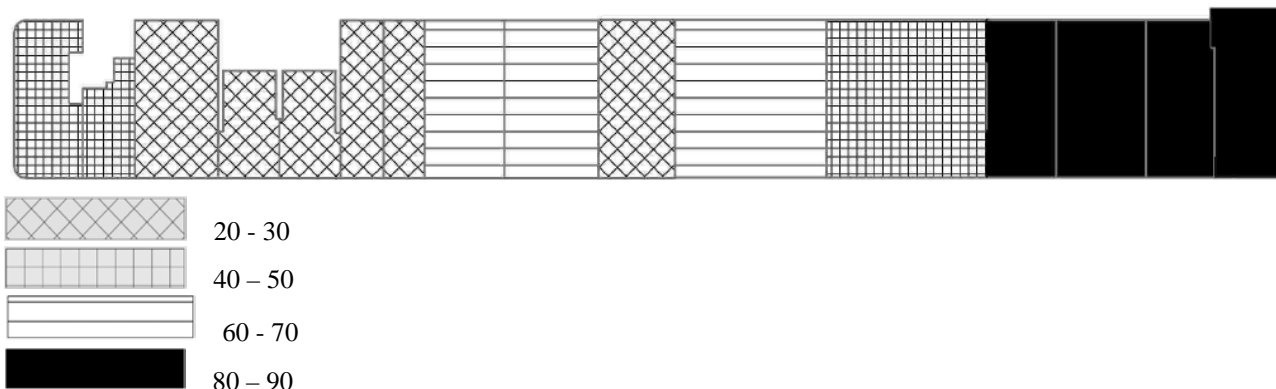


Figura 2 – Distribuição em planta dos edifícios do quarteirão em estudo por décadas de construção [1]

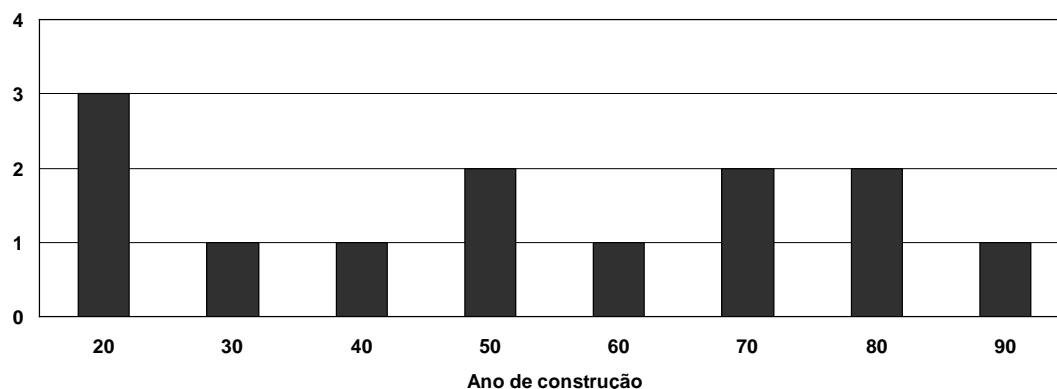


Figura 3 – Época de construção dos edifícios [1] ¹

É do âmbito geral que cada época se caracteriza por determinada tipologia, materiais de construção, etc. Deste modo a existência de edifícios de épocas distintas paredes-meias, traz problemas do ponto de vista do comportamento sísmico ao conjunto. Observam-se assim descontinuidades entre pisos de edifícios contíguos (Figura 4 e Figura 5), devido a diferentes alturas de pé direito, distinto número de pisos, etc.

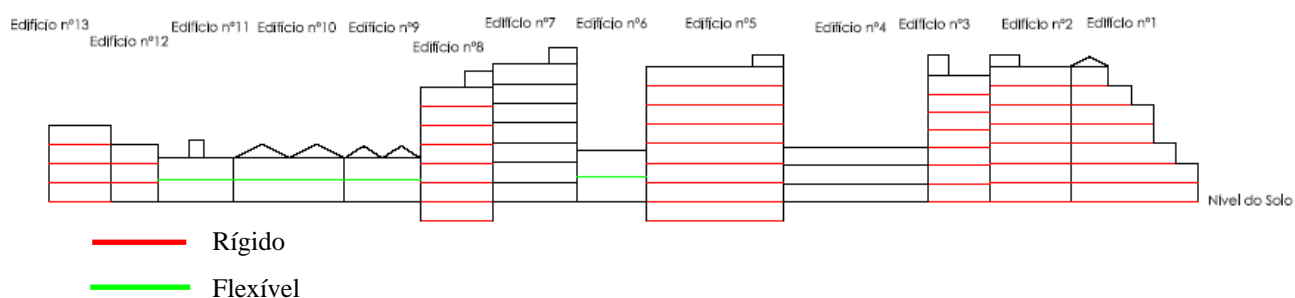


Figura 4 – Edifícios do quarteirão em estudo com indicação da altura

¹ Para alguns dos edifícios as décadas de construção foram obtidas com recurso a entrevistas



Figura 5 – Exemplos de descontinuidades verticais no quarteirão

Relativamente ao número de pisos verifica-se que a maioria dos edifícios apresenta 7 pisos, seguindo-se os 2 pisos (Figura 6). Situação que reflecte a irregularidade em altura observável ao longo do quarteirão.

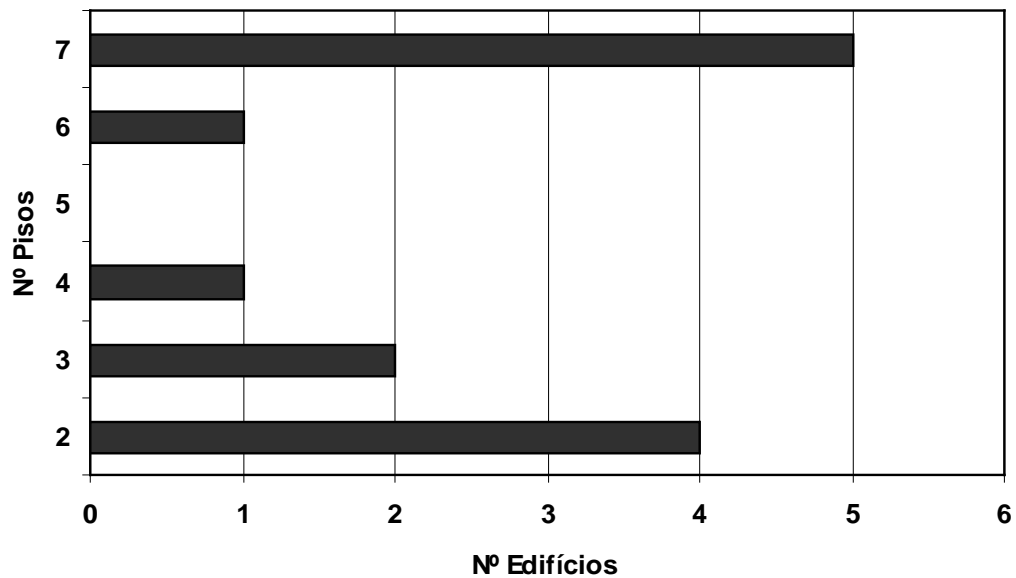


Figura 6 – Número de pisos dos edifícios

Tabela 1 – Número de pisos dos edifícios

Nº Pisos ¹	Nº de Edifícios
2	4
3	2
4	1
5	0
6	1
7	5

¹ o número de pisos é contabilizado a partir do nível do solo

Os edifícios com 7 pisos correspondem aos edifícios de betão armado, enquanto que os de 2 pisos correspondem aos edifícios tradicionais de alvenaria (Tabela 2).

Tabela 2– Número de pisos e os materiais do sistema estrutural

Edifício	N ° Pisos	Materiais usados no sistema estrutural
Edifício nº1	7	Betão armado
Edifício nº2	7	Betão armado
Edifício nº3	7	Betão armado
Edifício nº4	3	Betão armado
Edifício nº5	7	Betão armado
Edifício nº6	2	Alvenaria
Edifício nº7	7	Betão armado
Edifício nº8	6	Estrutura metálica
Edifício nº9	2	Alvenaria
Edifício nº10	2	Alvenaria
Edifício nº11	2	Alvenaria
Edifício nº12	3	Betão armado Madeira
Edifício nº13	4	Betão armado Madeira

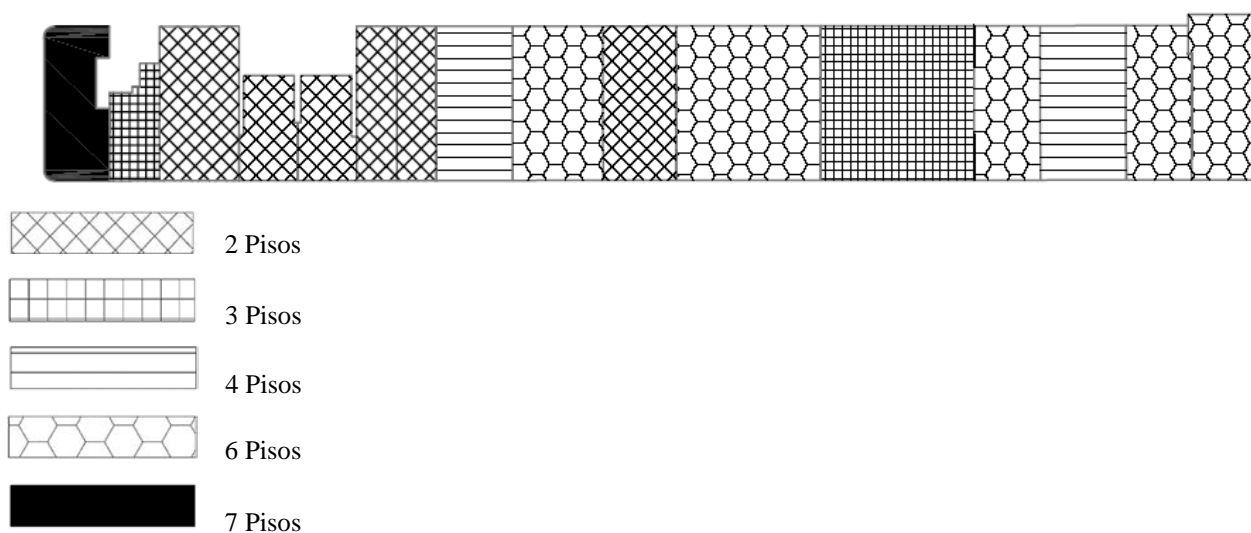


Figura 7 – N° pisos dos edifícios em planta

Constata-se ainda a existência nas traseiras dos edifícios de alvenaria da década de 20, no lado da Rua do Canal do Côjo, ampliações posteriores à construção inicial criando descontinuidades relevantes em planta. Alguns dos edifícios apresentam também andar recuado, águas furtadas, torreão, cave, etc.



Figura 8 – Ampliações posteriores à construção inicial

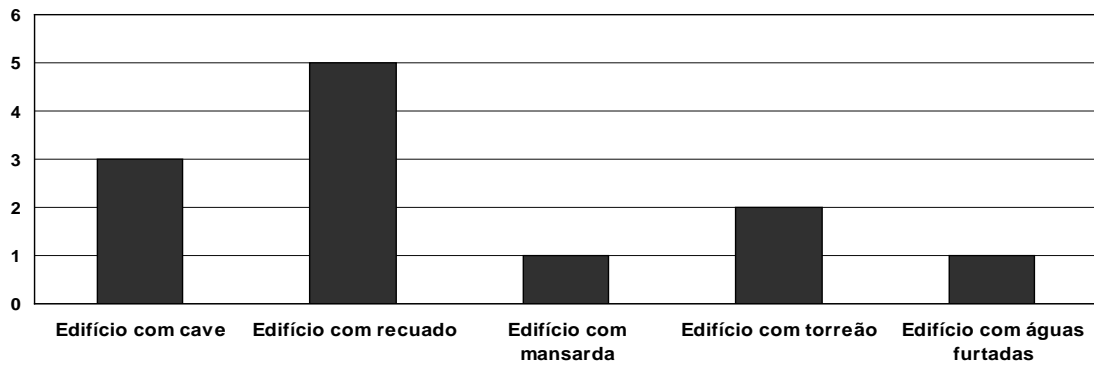


Figura 9 – Tipologias dos edifícios

Comprova-se assim que existem uma série de factores do ponto de vista da concepção que introduzem descontinuidades relevantes em planta e altura, e influenciam de forma determinante o comportamento global do quarteirão.

Do ponto de vista dos materiais da estrutura resistente dos edifícios do quarteirão, verifica-se a existência de dois tipos, a alvenaria e o betão armado. Facilmente se depreende que tal situação é um problema, dado estes dois materiais apresentarem comportamentos distintos, e se encontrarem apostos.

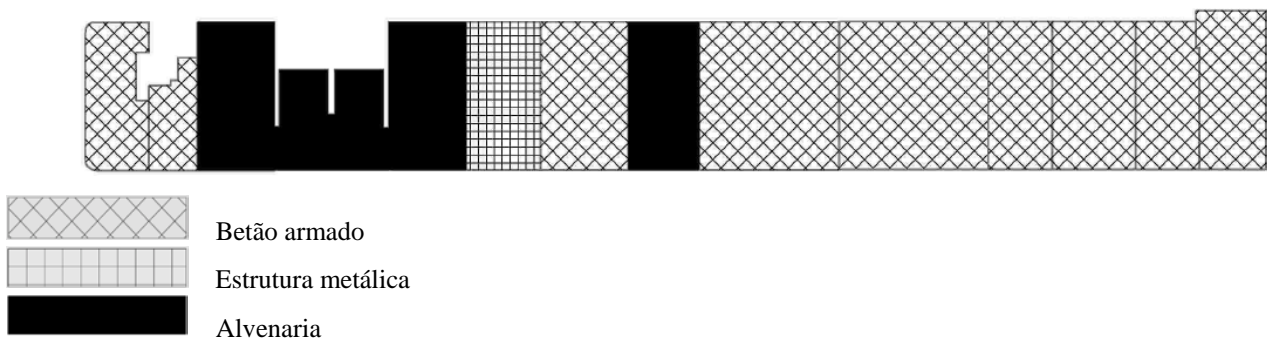


Figura 10 – Distribuição em planta dos materiais da estrutura resistente dos edifícios do quarteirão em estudo

Tabela 3– Materiais da estrutura resistente dos edifícios

Edifício	Materiais usados no sistema estrutural	Elementos constituintes do sistema estrutural
Edifício nº1	Betão armado ¹	2
Edifício nº2	Betão armado	Pilares, vigas e lajes fungiformes aligeiradas
Edifício nº3	Betão armado	Pilares e vigas pré-fabricados e lajes fungiformes aligeiradas
Edifício nº4	Betão armado ¹	2
Edifício nº5	Betão armado	Pilares, vigas, lajes aligeiradas (tipo PREFOR) e paredes resistentes
Edifício nº6	Alvenaria ¹	Paredes resistentes ¹
Edifício nº7	Betão armado ¹	2
Edifício nº8	Betão armado Estrutura metálica	Lajes pré-fabricadas, vigas e pilares em estrutura metálica
Edifício nº9	Alvenaria ¹	Paredes resistentes ¹
Edifício nº10	Alvenaria ¹	Paredes resistentes ¹
Edifício nº11	Alvenaria ¹	Paredes resistentes ¹
Edifício nº12	Betão armado Madeira ¹	2
Edifício nº13	Betão armado Madeira	Vigas, pilares e lajes na zona das cozinhas e WC em betão armado Vigas de pavimento nas habitações em madeira

¹ Não existe informação, mas o material foi aferido em função da sua década de construção e outros factores

² Desconhecido por falta de informação



Figura 11 – Edifício de alvenaria entre dois de betão armado

De salientar ainda o facto de a maioria dos edifícios se encontrarem do ponto de vista de conservação comprometidos, sobretudo os edifícios de alvenaria, o que agrava a situação, como

podemos ver na Figura 12, que apresenta a distribuição do estado de conservação dos edifícios. Esta classificação foi estabelecida através da observação exterior dos edifícios.

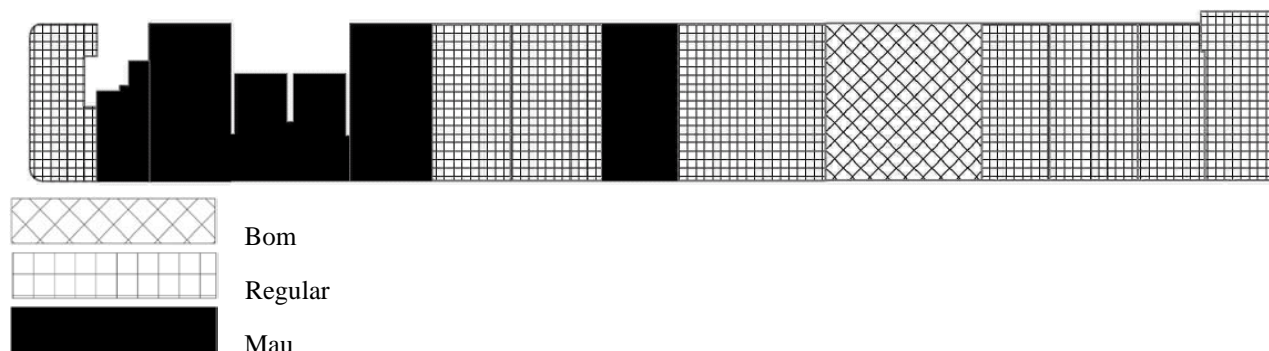


Figura 12 – Distribuição em planta do estado de conservação dos edifícios do quarteirão em estudo [1]

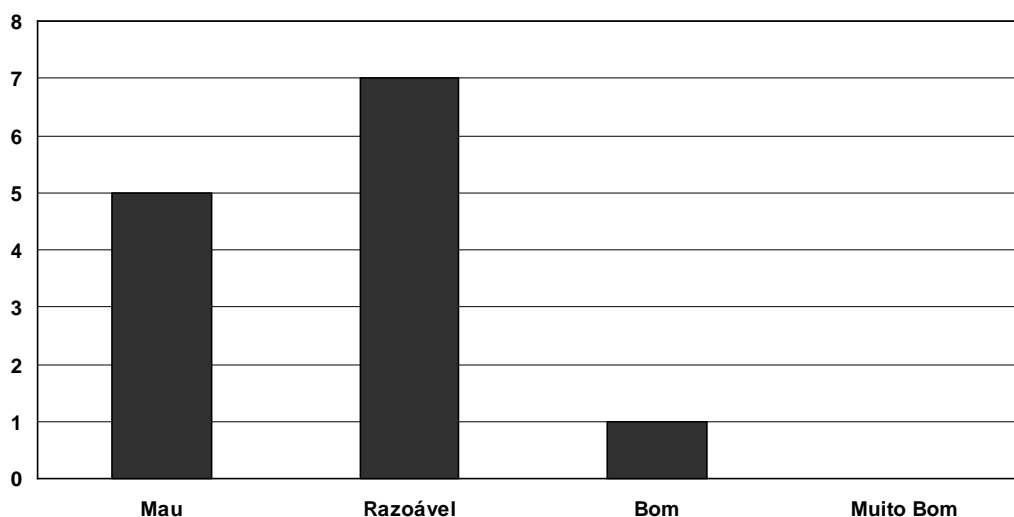


Figura 13 – Estado de conservação dos edifícios [1]

Tabela 4– Estado de conservação dos edifícios

Estado de conservação	Nº de Edifícios
Mau	5
Razoável	7
Bom	1
Muito Bom	0

Relativamente às fundações não foi possível aferir o tipo para a maioria dos edifícios do quarteirão. Da informação obtida verificou-se que nenhum edifício apresenta fundações directas, sendo que o tipo de fundação adoptada é a fundação indirecta. Nomeadamente estacas em pinho (Figura 14) nos edifícios mais antigos das décadas de 40 e 50 e nos mais recentes dos anos 70, 80 e 90 em betão armado. Para os restantes edifícios apesar de não ser possível ter acesso a essa informação, acredita-se que as fundações são também indirectas, dado o facto de estarmos perante terrenos onde predomina argilas moles e lodos, com um alto nível freático.

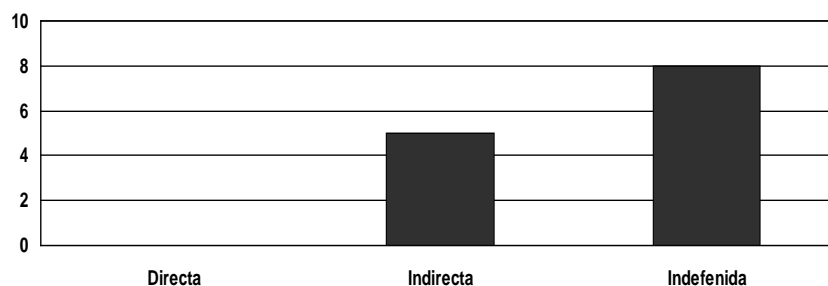


Figura 14 – Tipos de fundação dos edifícios do quarteirão em estudo

No dimensionamento das estacas não houve a consideração da acção sísmica. Um dos edifícios é da década de 40 logo era esperado esta não ser considerada. No entanto alguns dos edifícios das décadas de 60, 70 e 80, onde se esperaria que houvesse cálculo sísmico, dado terem sido concebidos utilizando como base regulamentar o RSEP [4], tal não se verificou. O RSEP prevê a aplicação de forças horizontais nos centros de gravidade dos elementos de massa da construção, não se verifica na realidade ao nível do projecto.

Tabela 5 - Edifícios do quarteirão que tiveram cálculo sísmico e qual o regulamento utilizado

Edifício	Década de construção	Tipo de Fundação	Regulamentação
Edifício nº1	90	(1)	(1)
Edifício nº2	80	Indirecta	RSEP
Edifício nº3	80	Indirecta	RSEP
Edifício nº4	50	(1)	(1)
Edifício nº5	70	Indirecta	RSEP
Edifício nº6	20	(1)	(1)
Edifício nº7	80	(1)	(1)
Edifício nº8	60	Indirecta	RSEP
Edifício nº9	20	(1)	(1)
Edifício nº10	20	(1)	(1)
Edifício nº11	20	(1)	(1)
Edifício nº12	40	(1)	(1)
Edifício nº13	40	Indirecta	RBA ²

(1) Desconhecido por falta de informação

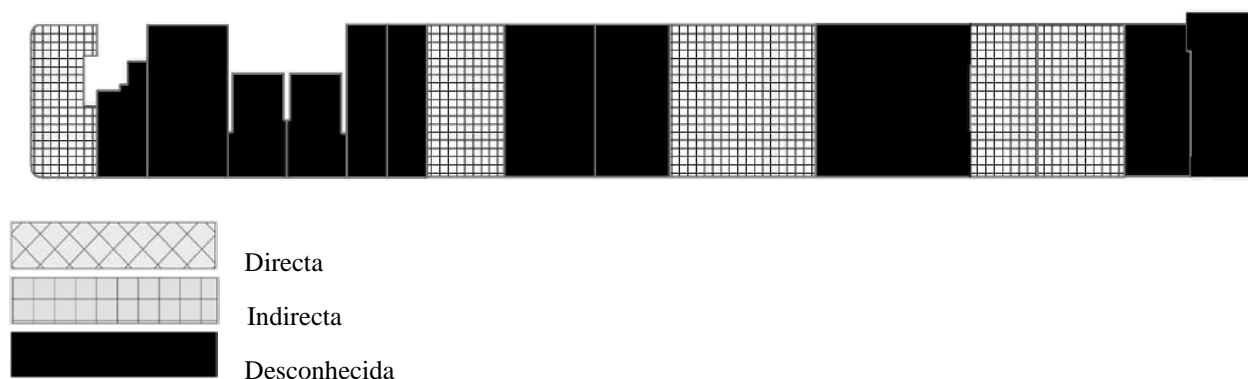


Figura 15 – Distribuição em planta do estado de conservação dos edifícios do quarteirão em estudo

Outro aspecto analisado foi a regulamentação utilizada no cálculo da estrutura ao nível das acções e materiais. No entanto, não foi possível aferir qual a regulamentação para a maioria dos edifícios do quarteirão, em parte dada a sua época de construção de alguns e outros por não estar disponível.

Dos quais foi possível obter essa informação, verificou-se que para quatro dos edifícios as acções consideradas no projecto são as contempladas no RSEP [4], regulamento no qual a acção sísmica já é contemplada (Figura 16). E um da década de 40 em que as acções consideradas foram as preconizadas pelo o RBA [1], regulamento que não prevê qualquer cálculo sísmico.

De salientar ainda que nos quatro edifícios em que o regulamento usado foi o RSEP [4], dois deles são de dos anos de 1984 e 1986, altura em que já vigorava o RSA [5].

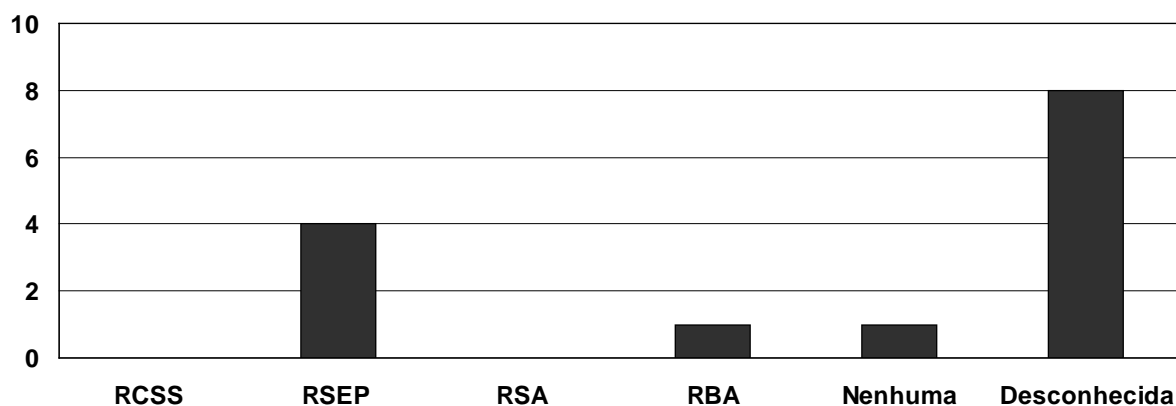


Figura 16 – Regulamentação em termos de acções usada na concepção dos edifícios do quarteirão

Tabela 6– Regulamentação usada para cada edifício para as acções e para os materiais para os edifícios do quarteirão em estudo

Edifício	Década de construção	Regulamentação	
		Acções	Materiais
Edifício nº1	90	(1)	(1)
Edifício nº2	80	RSEP	REBA
Edifício nº3	80	RSEP	REBA
Edifício nº4	50	(1)	(1)
Edifício nº5	70	RSEP	REBA
Edifício nº6	20	(1)	(1)
Edifício nº7	80	(1)	(1)
Edifício nº8	60	RSEP	REAE
Edifício nº9	20	(1)	(1)
Edifício nº10	20	(1)	(1)
Edifício nº11	20	(1)	(1)
Edifício nº12	40	(1)	(1)
Edifício nº13	40	RBA	RBA

(1) Desconhecido por falta de informação

No entanto apesar de em quatro dos edifícios a acção sísmica ter sido obrigatoriamente contemplada, neste caso pelo RSEP [4], nos cálculos da memória descritiva nem todos tiveram cálculo sísmico. Assim destes quatro dos edifícios, um deles não tem qualquer cálculo sísmico, outro apresenta elementos pré-fabricados que justifica a não consideração do cálculo sísmico, e apenas dois tem cálculo sísmico (Tabela 6).

Relativamente aos restantes edifícios, nomeadamente os edifícios tradicionais de alvenaria da década de 20, dada a sua época de construção, conclui-se que não houve qualquer consideração da acção sísmica, dado nesta altura não haver qualquer regulamentação.

Temos ainda edifícios das décadas de 40 e 50, mas apenas um deles da década de 40 apresenta a memória descritiva e verifica-se que não há qualquer cálculo sísmico, pois só em 1958 é que surge o RSCCS [3] o primeiro regulamento sísmico.

Tabela 7– Edifícios do quarteirão que tiveram cálculo sísmico e qual o regulamento utilizado

Edifício	Cálculo Sísmico	Regulamentação
Edifício nº1	(1)	(1)
Edifício nº2	Sim	RSEP
Edifício nº3	Sim	Elementos pré-fabricados
Edifício nº4	(1)	(1)
Edifício nº5	Não	(2)
Edifício nº6	Não	(2)
Edifício nº7	(1)	(1)
Edifício nº8	Sim	RSEP
Edifício nº9	Não	(2)
Edifício nº10	Não	(2)
Edifício nº11	Não	(2)
Edifício nº12	(1)	(1)
Edifício nº13	Não	(2)

(1) Desconhecido por falta de informação

(2) N/A não aplicável

Da análise realizada constatou-se ainda que quase todos os edifícios do quarteirão foram sujeitos a obras posteriores à sua construção, algumas das quais com implicações estruturais. No entanto nas memórias descritivas não se encontra qualquer referência à acção sísmica em nenhum deles. Esta situação pode ser justificada para o caso dos edifícios em que nas intervenções foi usado o RBA, pois este não prevê qualquer cálculo sísmico. O mesmo não se justifica para as intervenções realizadas quando o RSEP e RSA se encontravam em vigor.

Tabela 8– Número de intervenções com implicações a nível estrutural dos edifícios do quarteirão em estudo

Edifício	Nº Intervenções estruturais
Edifício nº1	(1)
Edifício nº2	0
Edifício nº3	2
Edifício nº4	(1)
Edifício nº5	1
Edifício nº6	2
Edifício nº7	1
Edifício nº8	1
Edifício nº9	2
Edifício nº10	2
Edifício nº11	5
Edifício nº12	0
Edifício nº13	5

(1) Desconhecido por falta de informação

Tabela 9– Regulamentação usada nas alterações estruturais posteriores à construção

Edifício	Regulamentação usada nas alterações posteriores à construção		
	Acções	Materiais	Ano
Edifício nº1	(1)	(1)	(1)
Edifício nº2	(2)	(2)	(2)
Edifício nº3	RSA	REBAP	1987
Edifício nº4	(1)	(1)	(1)
Edifício nº5	RSA	REBAP	1994
Edifício nº6	RSEP	REAEd	1969
	RSEP	REBA, REAEd	1975
Edifício nº7	RSEP	REBA	1981
Edifício nº8	RSA	REBAP, REAE	1998
Edifício nº9	RSEP	REAEd, RBA	1967
Edifício nº10	RBA	RBA	1960
	RGCU da cidade de Aveiro, RSEP	REAEd	1965
Edifício nº11	RBA	RBA	1962
	RBA	RBA	1962
	RSEP	RBA REAEd	1963
Edifício nº12	(1)	(1)	(1)
Edifício nº13	RBA	RBA	1959
	RBA	RBA	1960
	RBA	RBA	1962
	RSEP	REAEd	1975
	RSEP	REBA	1982

(1) Desconhecido por falta de informação

(2) N/A não aplicável

Conclusões

Concluimos assim que o quarteirão em estudo apresenta uma série de problemas, à semelhança do que se passa na maioria dos centros históricos das grandes cidades, que influenciam de forma negativa o seu comportamento sísmico, dos quais se destaca:

- A irregularidade em planta e altura ao longo do quarteirão, apresentando edifícios de 2 pisos paredes-meias com edifícios de 6 e 7 pisos
- A existência de edifícios de alvenaria resistente paredes-meias com edifícios mais recentes em que o material da estrutura resistente é o betão armado
- Degradação acentuada e má conservação dos edifícios mais antigos em alvenaria
- Edifícios sem qualquer cálculo sísmico apesar da regulamentação em vigor exigir
- Alterações estruturais posteriores à construção sem consideração da acção sísmica

Referências

- [1] M.A. Cunha: Avenida Dr. Lourenço Peixinho – Diagnóstico e Primeiras terapêuticas (Gestão de Centros Históricos, Câmara Municipal de Aveiro, Portugal 2006).
- [2] Regulamento de Betão Armado, Decreto-Lei n.º 25948 de 16 de Outubro de 1935.
- [3] Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos, Decreto-Lei n.º 41658 de 31 de Maio de 1958.
- [4] Regulamento de Solicitações em Edifício e Pontes, Decreto-Lei n.º 44041 de 18 de Novembro de 1961.
- [5] Regulamento de Estruturas de Betão Armado, Decreto-Lei n.º 47723 de 20 de Maio de 1967.
- [6] Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei n.º 235/83 de 31 de Maio de 1983.
- [7] Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei n.º 349-C/83 de 30 de Julho de 1983.
- [8] Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, Decreto-Lei n.º 21/86 de 31 de Julho de 1986.
- [9] Processos de obras (vários), Câmara Municipal de Aveiro.
- [10] A. Costa: Análise Sísmica de Estruturas Irregulares, Tese de Doutoramento, FEUP, 1989
- [11] H. Varum: Seismic assessment, strengthening and repair of existing buildings, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, 2003.