

Requerentes: Sofia Rodrigues Sequeira de Sousa da Silva Varela Pais e Luís Miguel Ferreira Varela Pais



**PROJETO DE ESTABILIDADE**  
**MORADIA BIFAMILIAR – ALTERAÇÃO**  
**Rua dos Muros, Nº 25 e 27 - 7480-137 Avis**

---

Requerentes: Sofia Rodrigues Sequeira de Sousa da Silva Varela Pais e Luís Miguel Ferreira Varela Pais

## **Memória Descritiva e Justificativa**

**RUI SANTOS FERREIRA**  
**OET – 04629**

**PROJETO DE ESTABILIDADE**  
**MORADIA BIFAMILIAR – ALTERAÇÃO**  
**Rua dos Muros, Nº 25 e 27 - 7480-137 Avis**

---

Requerentes: Sofia Rodrigues Sequeira de Sousa da Silva Varela Pais e Luís Miguel Ferreira Varela Pais

**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

**1. INTRODUÇÃO**

A presente memória descritiva refere-se ao projeto de Alteração de uma Moradia Bifamiliar existente, localizado na Rua dos Muros, Nº 25 e 27 - 7480-137 Avis, cujo Licenciamento foi requerido por Irene Sofia Rodrigues Sequeira de Sousa da Silva Varela Pais e Luís Miguel Ferreira Varela Pais, moradores na Rua Américo Amarelhe, Nº7 – 3º Dto. – 2815-881 Sobreda.

**2. SITUAÇÃO EXISTENTE**

Da visita ao imóvel objeto da intervenção, constatou-se que o mesmo é constituído por ***paredes simples pesadas***, as quais desempenham um papel estrutural, características de todas as construções de habitação até meados do século XX.

Conforme se pôde verificar no local, e respetivo registo fotográfico, o imóvel apresenta patologias estruturais significativas.

### **3. VULNERABILIDADE SÍSMICA**

#### **3.1. ENQUADRAMENTO**

A avaliação de vulnerabilidade sísmica é realizada com base no documento “Métodos expeditos para avaliação sísmica de edifícios de alvenaria com pavimentos rígidos” publicado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil tendo como referência os procedimentos dispostos na norma NP EN 1998-3:2017 (Anexo C) e o respetivo anexo Nacional.

#### **3.2. PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO**

A avaliação estrutural dos edifícios pode ser realizada através de quatro metodologias que apresentam níveis crescentes de precisão e complexidade, designados por: Métodos I, II, III e IV. A escolha do método de avaliação dependerá da classe de importância do edifício, das condições geotécnicas locais, da interação com edifícios adjacentes, do número de pisos e da regularidade estrutural.

O Método IV corresponde a uma análise explicitamente probabilística e de elevada complexidade, sendo a sua aplicação recomendada apenas a estruturas com Classe de Importância III ou IV, definidas de acordo com a NP EN 1998-1:2010. Este método permite quantificar níveis de desempenho sísmico com maior precisão e rigor, nomeadamente em relação ao nível de dano e operacionalidade expectável para diferentes níveis de intensidade sísmica.

Em relação ao Método III, define-se como o método de avaliação de referência e corresponde ao preconizado na NP EN 1998-3:2017. Os métodos expeditos I e II, foram desenvolvidos à luz do método de referência (Método III) e com procedimentos do Método IV, de forma que os resultados das avaliações sejam conservativos, em função dos parâmetros de avaliação, e apresentem conformidade com as disposições regulamentares.

### 3.3. ENQUADRAMENTO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

#### 3.3.1. CLASSE DE IMPORTÂNCIA DO EDIFÍCIO

A classe de importância dos edifícios é definida de acordo com o indicado na Tabela 1, respeitando o estabelecido na norma NP EN 1998-1:2010. Através da tabela 1 podemos ainda verificar, em função da classe de importância do edifício, qual os métodos de análise propostos pela norma.

Tabela 1 Classes de importância para edifícios

Classe de importância	Edifícios	Métodos propostos
I	Edifícios de importância menor para a segurança pública, como por exemplo edifícios agrícolas, etc.	Todos
II	Edifícios correntes não pertencentes às outras categorias.	
III	Edifícios cuja resistência sísmica é importante atendendo às potenciais consequências associadas ao seu colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc.	Método III e IV
IV	Edifícios cuja integridade em caso de sismo é de importância vital para a proteção civil, como por exemplo hospitais, quartéis de bombeiros, centrais elétricas, etc.	

O critério da classe de importância classifica os edifícios em função das consequências de colapso em termos de vidas humanas, da sua importância para a segurança pública e para a proteção civil imediatamente após o sismo e das consequências sociais e económicas do colapso.

O edifício em estudo pertence à **Classe de importância II**.

#### 3.3.2. ZONAMENTO SÍSMICO

Na figura um é apresentado o mapa de zonamento sísmico para a ação sísmica tipo 1 (afastada) e tipo 2 (próxima) definidos na NP EN 1998-1:2010.

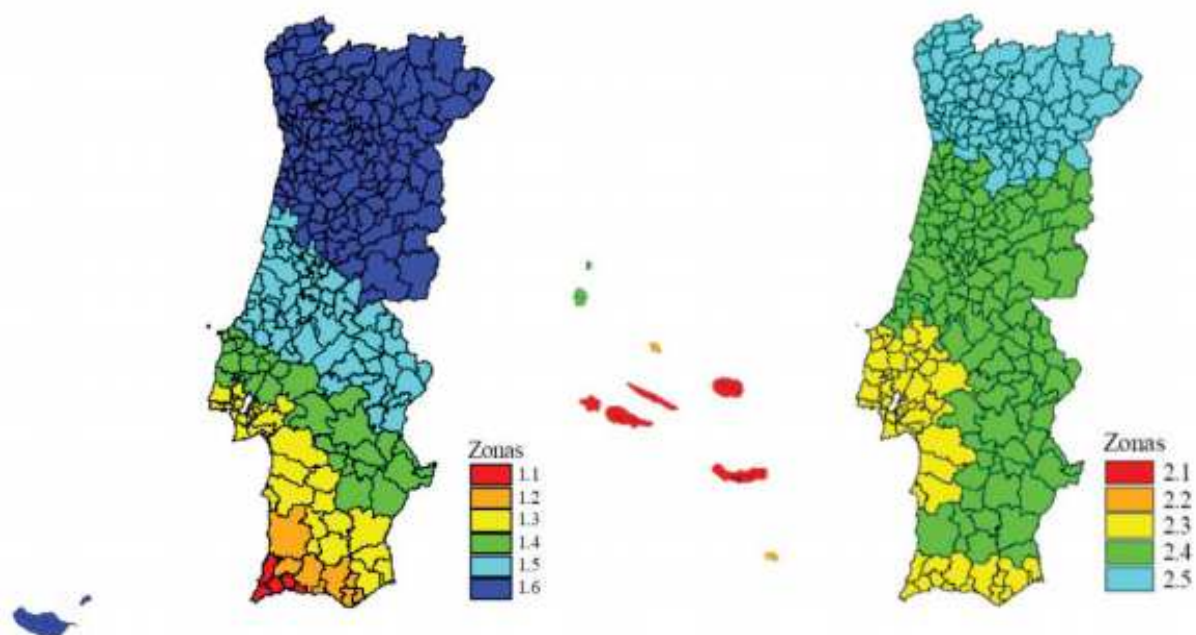


Figura 1 Zonamento Sísmico para o território nacional (NP EN 1998-1:2010)

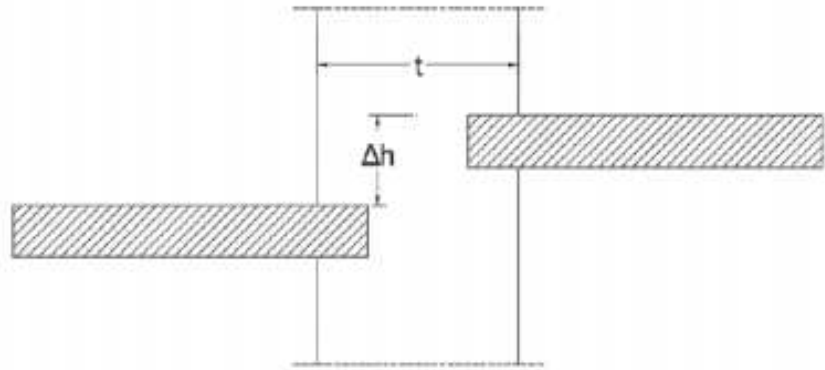
O edifício em estudo tem o seguinte enquadramento no zonamento sísmico:

- Ação sísmica tipo 1: **Zona 1.5**
- Ação sísmica tipo 2: **Zona 2.4**

### 3.3.3. NÚMERO DE PISOS E REGULARIDADE

O edifício em estudo possui dois pisos em altura e considera-se que não existe variação significativa da espessura das paredes em altura. Assim as verificações a realizar serão apenas ao nível da base do edifício. O edifício encontra-se em banda, possuindo travamento de edifícios contíguos numa das direções. Relativamente ao alinhamento entre pavimentos de edifício contíguos considerasse que a diferença de cota é inferior a  $\frac{2}{3}$  da espessura das paredes meeiras. O edifício em estudo possui uma área bruta de **106,20m<sup>2</sup>**, tomando como referência o piso térreo.

$$\left( \Delta h \leq \frac{2}{3}t \right)$$



**Figura 2** Requisito construtivo entre edifícios contíguos para a aplicação dos métodos expeditos

#### 3.3.4. CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS LOCAIS

Considera-se que o edifício se encontra construído sobre solos do **Tipo A – Rocha ou outra formação geológica tipo rochoso**, que inclua, no máximo, 5 metros de material mais fraco à superfície.

#### 3.4. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Tendo em conta as características anteriormente apresentadas para o edifício, e tendo por base a tabela 2 abaixo apresentada, a metodologia de análise definida para este estudo será o Método I.

Critérios de aplicabilidade	Método I e II	Método III
Tipo de alvenaria	Alvenaria tradicionais	Todas
Mecanismos admissíveis	No plano	No plano (*)
Tipo de pavimento	Rígido no plano	Todos
Classe de importância	I e II	Todas
Número de pisos	até cinco pisos	Sem limite
Área em planta	até 350 m²	Sem limite
Disposição do edifício	Isolado ou em banda	Omisso
Regularidade Estrutural	Sim	Opcional (**)
Interação entre edifícios	ver restrição em 3.2.2	Sem restrição
Condições geotecniais locais	Restringido aos solos Tipo A, B e C (NP EN 1998-1:2010)	Todos de acordo com a NP EN 1998-1:2010
Estado limite verificado	Danos severos (SD)	Limitação de Danos (DL) Danos Severos (SD) Colapso Iminente (NC)

\* A atual versão da NP EN 1998-3:2017 não prevê mecanismos de colapso de edifícios para fora do plano.

\*\* Em função do tipo de análise adotada de acordo com NP EN 1998-3:2017.

O Método I permite a avaliação da segurança à ação sísmica através da relação entre a área de paredes na direção da ação sísmica e a área do piso. Para um determinado edifício existente, a estrutura verifica a segurança se, ao nível de cada piso  $j$ , o quociente entre a área de paredes na direção da ação sísmica ( $A_{PC,j}$ ) e a área do piso ( $A_{Piso,j}$ ) for igual ou superior às exigências definidas, de acordo com a seguinte expressão:

$$\frac{A_{PC,j}}{A_{Piso,j}} \geq \frac{\alpha_E}{\beta} \quad (1)$$

Em que:

- $\alpha_E$  - relação entre a área de paredes exigida e área do piso, em função da zona sísmica, número de pisos e tipo de solo (conforme tabela 3);
- $\beta$  - fator de correção para a tensão de corte inicial (coesão), dado pela expressão (2)

$$\beta = \frac{\frac{f_{v0,min}}{1,35}}{0,10 \text{ MPa}} \leq 2,0 \quad (2)$$



O valor mínimo da coesão  $f_{v0,min}$  pode ser obtido de acordo com a Tabela 4, em função do tipo de parede.

**Tabela 3:** Valores de  $\alpha_E$  para cada zona sísmica, tipo de terreno e número total de pisos do edifício

Zona Sísmica		1 piso			2 pisos			3 pisos			4 pisos			5 pisos		
		Solo A	Solo B	Solo C	Solo A	Solo B	Solo C	Solo A	Solo B	Solo C	Solo A	Solo B	Solo C	Solo A	Solo B	Solo C
Zona 1.5	1.1	0,20	0,27	0,32	0,19	0,24	0,28	0,18	0,23	0,26	0,17	0,21	0,24	0,16	0,20	0,22
	1.2	0,16	0,22	0,26	0,15	0,20	0,23	0,14	0,19	0,22	0,14	0,18	0,20	0,13	0,17	0,19
	1.3	0,11	0,16	0,19	0,11	0,15	0,18	0,10	0,14	0,17	0,10	0,14	0,16	0,10	0,14	0,16
	1.4	0,09	0,12	0,15	0,08	0,12	0,14	0,08	0,11	0,14	0,08	0,11	0,13	0,08	0,11	0,13
	1.5	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08
	1.6	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04
Zona 2.4	2.1	0,22	0,29	0,34	0,19	0,25	0,29	0,15	0,20	0,22	0,11	0,15	0,18	0,09	0,12	0,14
	2.2	0,19	0,25	0,30	0,17	0,23	0,26	0,13	0,18	0,20	0,10	0,13	0,16	0,08	0,11	0,13
Zona 3.0	2.3	0,19	0,26	0,30	0,17	0,23	0,26	0,14	0,18	0,20	0,10	0,14	0,16	0,08	0,11	0,13
	2.4	0,12	0,17	0,21	0,11	0,16	0,19	0,09	0,13	0,15	0,06	0,09	0,11	0,05	0,07	0,09
	2.5	0,09	0,13	0,17	0,09	0,13	0,15	0,07	0,10	0,12	0,05	0,07	0,09	0,04	0,05	0,07

Os valores de  $\alpha_E$  para as zonas sísmicas anteriormente definidas são as seguintes:

- Zona 1.5: **0,04**
- Zona 2.4: **0,12**

**Tabela 4:** Exemplos de propriedades de alguns tipos de alvenaria (Candeias *et al.* [9]).

Tipo de alvenaria	$f_c$ (MPa)	$f_t$ (MPa)	$f_{td}$ (MPa)	$E$ (MPa)	$G$ (MPa)	$w$ (kN/m <sup>2</sup> )
Alvenaria de pedra irregular, com seixos e pedras irregulares distribuídas de forma errática	1,1 a 1,9	0,03 a 0,05	–	900	300	19
Alvenaria de pedra não aparelhada com folhas externas de espessura limitada e núcleo de enchimento (três folhas)	2,0 a 3,0	0,05 a 0,08	–	1200	400	20
Alvenaria de pedra aparelhada com boa aderência	2,6 a 3,8	0,08 a 0,11	–	1700	600	21
Alvenaria regular de pedra macia (blocos de tufo ou arenito)	1,4 a 2,2	0,05 a 0,06	–	1100	400	13 a 16
Alvenaria de pedra aparelhada rija (aparelho regular)	2,0 a 3,2	–	0,10 a 0,19	1400	500	13 a 16
Cantaria construída com pedras de boa qualidade	6,0 a 8,0	–	0,19 a 0,25	2800	900	22
Alvenaria de tijolo maciço com argamassa à base de cal	2,5 a 3,4	0,09 a 0,14	0,13 a 0,19	1500	500	18
Alvenaria de tijolo perfurado (Índice de furação vertical < 40%) com argamassa à base de cimento e cal	4,9 a 8,1	–	0,24 a 0,32	4600	1100	15

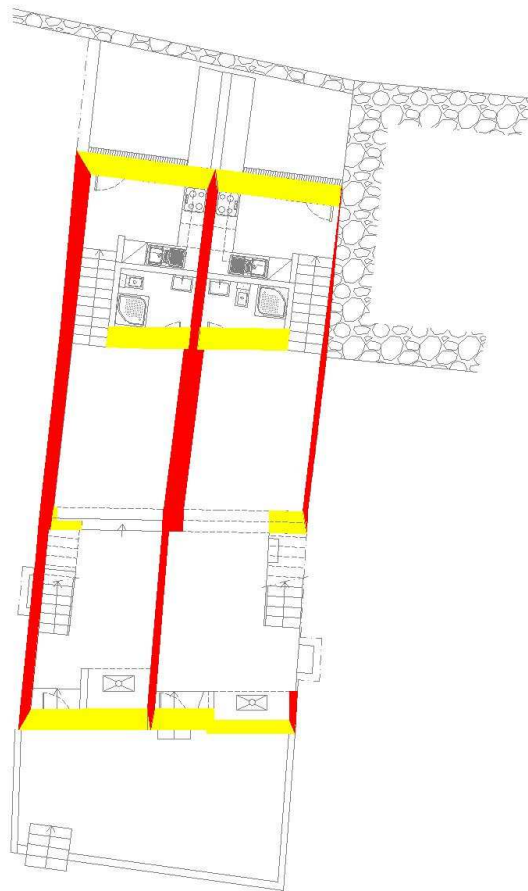
Para o edifício em estudo o valor mínimo da coesão  $f_{v0,min}$  foi definido em **0,19 MPa** correspondendo a alvenaria de tijolo maciço com argamassa à base de cal. Assim o valor de  $\beta$ , fator de correção para a tensão de corte inicial (coesão), é de **1,41**.

### **3.5. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA À ACÇÃO SÍSMICA**

Para a realização da avaliação sísmica, como referido anteriormente, irá utilizar-se o método de análise I. Para o procedimento de avaliação sísmica pelo método I foi ainda tido em conta os seguintes parâmetros:

- A força de corte basal deverá ser calculada com base nas paredes resistentes, solicitadas na direção da ação sísmica. Por exemplo, no caso de edifícios em banda, com a ação sísmica a atuar na direção paralela às fachadas, as paredes que entram para o cálculo efetivo da resistência do edifício são aquelas que se encontram paralelas a esse mesmo plano;
- No cálculo da resistência do edifício à ação sísmica é aconselhável que as paredes a considerar para o efeito sejam continuas, desde a fundação até ao último piso;
- Paredes demolidas no piso térreo: os restantes troços de paredes, que se encontrem na mesma prumada da parede demolida, deverão ser considerados como cargas distribuídas sobre os elementos resistentes adjacentes e contabilizados para o cálculo da massa da estrutura. Para a avaliação da segurança ao nível de cada piso, as paredes na mesma prumada do troço demolido não deverão ser incluídas na resistência.

### 3.5.1. ÁREA DE PAREDES



Tomando como referência a planta do piso em estudo, as áreas de paredes resistentes consideradas, em cada uma das direções de atuação dos sismos, são as seguintes:

- $APC,x = 10,09m^2$
- $APC,y = 10,00m^2$

### 3.5.2. VERIFICAÇÕES

Para a realização das verificações regulamentares foi determinada a relação  $\alpha E / \beta$  e realizada a comparação com o quociente entre a área de paredes na direção da ação sísmica ( $AP_{,j}$ ) e a área do piso ( $APiso_{,j}$ ).

- Zona Sísmica 1.5:  $\alpha E / \beta = 0,04 / 1,41 = 0,0284$
- Zona Sísmica 2.4:  $\alpha E / \beta = 0,12 / 1,41 = 0,0851$
- $APC_x / APiso = 10,09 / 106,20 = 0,0950 > \alpha E / \beta$
- $APC_y / APiso = 10,00 / 106,20 = 0,0941 > \alpha E / \beta$

Como se pode constatar pelos cálculos apresentados **estão verificados os critérios de segurança sísmica definidos pelo método I de avaliação da segurança à ação sísmica segundo x e y**. Considerou-se, ainda assim, necessário proceder à introdução de elementos estruturais de reforço das alvenarias resistentes.

## 4. INTERVENÇÃO PROPOSTA

De forma a dar cumprimento á legislação em vigor, nomeadamente Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho e Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, e **embora forma a verificar os critérios de segurança sísmica**, considerou-se, ainda assim, a necessidade de:

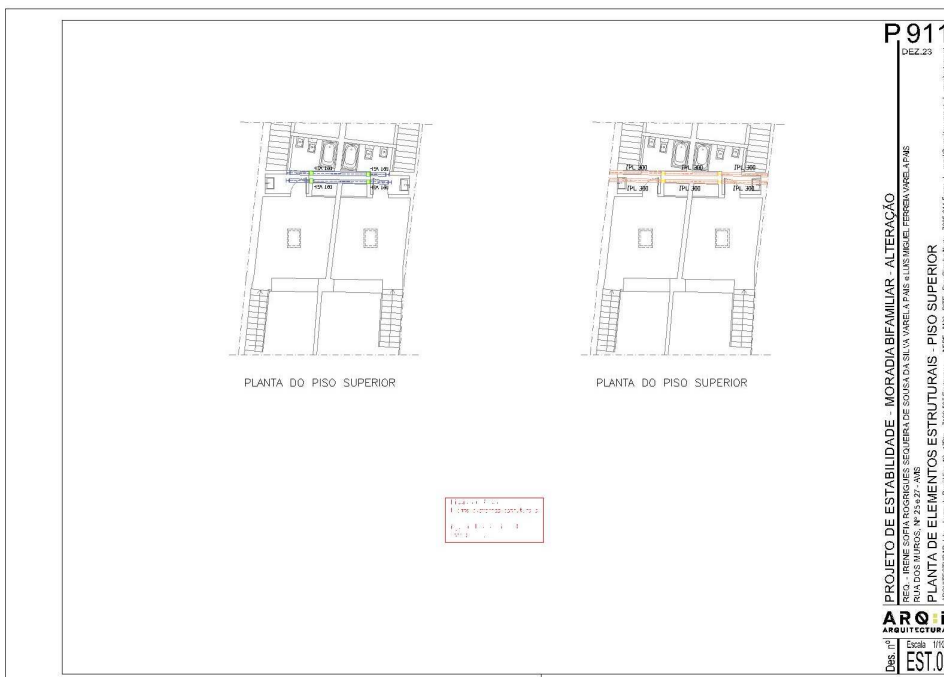
- Introdução de reforços estruturais, em pórticos metálicos, decorrentes da supressão de troços de paredes;
- Introdução de perfis metálicos decorrentes da abertura de vãos.



#### 4.1.2. PISO TÉRREO



#### 4.1.3. PISO SUPERIOR



#### 4.1.4. PAVIMENTO INTERMÉDIO



#### 4.1.5. COBERTURA



## 5. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ESTRUTURA

A intervenção de requalificação do edifício pode ser sintetizada nos pontos seguintes:

- Introdução de reforços que decorrem da supressão de troços de parede - Por imperativos funcionais, é necessário proceder à demolição de alguns troços de paredes estruturais de espessuras variáveis, o processo de execução baseia-se na introdução de pórticos metálicos, após escoramento e remoção manual das alvenarias, selados às alvenarias a manter com argamassa bastarda de cal hidráulica e/ou “grout”;
- Introdução de reforços que decorrem da supressão de troços de parede – Por imperativos funcionais, é necessário abrir alguns vãos em paredes de alvenaria de espessuras variáveis, o processo de execução baseia-se na introdução de perfis metálicos, após escoramento e remoção manual das alvenarias, cujas extremidades deverão ser prolongadas por mais 0.15 m para o interior das paredes de alvenaria, no sentido longitudinal do seu desenvolvimento, selados às mesmas com argamassa bastarda de cal hidráulica e/ou “grout”;
- Reparação e Reforço das Paredes Fissuradas - Far-se-á após avivamento das fissuras existentes com injeção de “grout”, utilizando uma mistura contendo cal hidráulica e um inerte tipo pozolana, finalizada com a introdução de grampos em aço inox, no caso de fissuras com aberturas superiores a 10 mm;
- Execução de estrutura em madeira maciça tratada para suporte dos pavimentos previstos no projeto de arquitetura;
- Execução de estrutura em madeira maciça tratada para suporte das coberturas previstas no projeto de arquitetura;
- Execução de blocos de escada em alvenaria de pedra e tijolo e argamassa bastarda, com reaproveitamento de materiais de demolição.



Em tudo o demais ter-se-á em atenção os critérios da intervenção, nomeadamente a manutenção rigorosa das paredes estruturais existentes, conforme projeto de arquitetura.

## 6. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Efetuuou-se a análise estrutural dos diversos pórticos planos, para as combinações de ações de regulamentação em vigor, utilizando-se para o efeito um programa de cálculo automático.

## 7. ACÇÕES

A quantificação das ações foi feita com base na NP EN 1991-1-1:2009 - Eurocódigo 1 - Ações em estruturas:

### *Ações Permanentes:*

Peso Próprio dos elementos de betão armado em geral	25 kN/m <sup>3</sup>
Peso Próprio dos elementos de aço de construção	77 kN/m <sup>3</sup>

### *Ações Variáveis:*

Sobrecarga em edifícios de habitação	2.00 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga em Coberturas (dist.)	0.30 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga em Coberturas (Conc.)	1,00 kN

Sismo:

Considerou-se o disposto na NP EN 1998-1:2010 - Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos.

☒ NP EN 1998-1 (2010) ☐ RSA. (Dinâmica)

NP EN 1998-1 (2010)  
Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos  
Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios

☒ Acção sísmica segundo X ☒ Acção sísmica segundo Y

Parâmetros de cálculo		Sistema estrutural	
Fracção de sobrecarga	0.50	Geometria em altura	<input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular
Fracção de sobrecarga de neve	0.50	Coefficiente de comportamento (X)	3.60
		Coefficiente de comportamento (Y)	3.60

**Zonamento sísmico**

☒ Portugal Continental ☐ Arquipélago da Madeira ☐ Arquipélago dos Açores

Zona sísmica tipo 1 ☐ 1.1 ☐ 1.2 ☐ 1.3 ☐ 1.4 ☒ 1.5 ☐ 1.6

Zona sísmica tipo 2 ☐ 2.1 ☐ 2.2 ☐ 2.3 ☒ 2.4 ☐ 2.5

**Tipo de solo**

☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E

Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5m de material mais fraco à superfície.

**Importância da obra**

☐ I ☒ II ☐ III ☐ IV

Edifícios correntes, que não pertencem a nenhuma outra categoria.

## 8. MATERIAIS

Preconizaram-se os seguintes materiais para a execução da estrutura e fundações:

- . Betão C25/30;
- . Betão de Regularização com uma dosagem mínima de 150 Kg de cimento por m3 de betão;
- . A 400 NR, em varão;
- . FE 360, em perfil galvanizado, enformado a frio;
- . Madeira maciça tratada;
- . Argamassa bastarda de cal hidráulica;
- . “Grout”.

**Dados obra**

Chave: **P911**

Descrição: P.911

Normas: Eurocódigo 2, Eurocódigos 3 e 4, Eurocódigo 5 e Eurocódigo 9

---

**Betão armado**

**Betão**

Lajes: C25/30

Fundação: C25/30

Pilares: C25/30

Muros: C25/30

Características do agregado: Quartzito (15 mm)

**Aço**

Varões: S-400

Pelos: A-4t

---

**Perfis**

**Aço**

Laminados e compostos: Fe360

Enformados: Fe 360

**Madeira**

Vigas: C24 - Vigotas: C24 - Estruturas 3D: C24

**Alumínio extrudido**

EN AW-5083 - F

---

**Ações**

☐ Com ação do vento

☒ Com ação sísmica: NP EN 1998-1 (2010) (Portugal)

Critério de armadura por ductilidade: Ductilidade média

Elementos construtivos: Não são considerados

☐ Verificar resistência ao fogo

Estados limite (combinações)

Ações adicionais (cargas especiais)

---

**Coefficientes de encurvadura**

Pilares de betão e mistos

$\beta_x$ : 1.000  $\beta_y$ : 1.000

Pilares de aço

$\beta_x$ : 1.000  $\beta_y$ : 1.000

---

**Ambiente**

Vigas: X0 (Abertura máxima de fenda: 0.40 mm)

## 9. REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA

- NP EN 1990 - Eurocódigo - Bases para o projeto de estruturas;
- NP EN 1991 - Eurocódigo 1 - Ações em estruturas;
- NP EN 1993 - Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço;
- NP EN 1995 - Eurocódigo 5 - Projeto de estruturas de madeira;
- NP EN 1998 - Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos.
- Especificação E 217;
- Betão Armado - esforços Normais e de Flexão;
- Betão Armado - esforços transversos e de torção;

- Dimensionamento e Pormenorização de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado;
- "Hormigon Armado" - P.Jimenez Montoya;
- "Tablas para el cálculo de placas e vigas pared" - R.Barés
- Tabelas Técnicas - V.Ferreira e Brazão Farinha
- "Tratado de concreto Armado" - A.Guerrin; HEMUS Editora, Lda
- MV110 Portugal – Aços enformados

Vila Viçosa, 07 de dezembro de 2023

Rui Santos Ferreira  
(OET 04629)

**PROJETO DE ESTABILIDADE**  
**MORADIA BIFAMILIAR – ALTERAÇÃO**  
**Rua dos Muros, Nº 25 e 27 - 7480-137 Avis**

---

Requerentes: Sofia Rodrigues Sequeira de Sousa da Silva Varela Pais e Luís Miguel Ferreira Varela Pais

**Peças Desenhadas**

**RUI SANTOS FERREIRA**  
**OET – 04629**