

Cultura sísmica local em Portugal

Local seismic culture in Portugal

Mariana Correia | Gilberto Carlos (editores)



ARGUMENTUM

Cultura sísmica local em Portugal

Local seismic culture in Portugal

Mariana Correia | Gilberto Carlos (editores)

ARGUMENTUM

Cultura Sismica Local em Portugal Local Seismic Culture in Portugal

Editores Editors

Mariana R. Correia & Gilberto D. Carlos
Escola Superior Gallaecia,
Vila Nova de Cerveira, Portugal

Autores Authors

Ana Lima, David Viana, Filipa Gomes, Gilberto D. Carlos, Goreti Sousa, Graça Vasconcelos, Hugo Rodrigues, Humberto Varum, Javier Ortega, Mariana R. Correia, Paulo B. Lourenço, Ricardo Barros.

Design Gráfico Graphic Design

Teresa Correia, Ci-ESG

Desenhos Drawings

Ana Lima, Filipa Gomes, Gilberto D. Carlos, Ci-ESG

Tradução Translation

Sandra Rocha e Sousa, Jacob Merten

Editores Publisher

ARGUMENTUM, Edições
Rua Antero de Figueiredo, 4-C
1700-041 Lisboa - Portugal
www.argumentum.pt

ISBN: 978-972-8479-88-6

Local de Edição Edition Local

Lisboa, 2015

Impressão Printer

IDG - Imagem Digital Gráfica

Projeto Project

SEISMIC-V: Cultura Sismo-Resistente
Vernácula em Portugal
SEISMIC-V: Vernacular Seismic Culture in
Portugal

Entidade Financiadora Funding Entity

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia
FCT - Science and Technology Foundation

Programa Programme

Projetos de Investigação Científica e Desenvolvimento
Tecnológico
Scientific Research Projects and Technological
Development

Referência do Projeto Project Reference

PTDC/ATP-AQI/3934/2012

Investigadora Responsável Prime Investigator

Mariana Rita Alberto Rosado Correia

Área Científica Principal Main Scientific Area

Ambiente, Território e População – Arquitetura
Environment, Territory and Population - Architecture

Coordenação do Projeto Project Coordination

Ci_ESG, Centro de Investigação da ESG
Escola Superior Gallaecia, Fundação Convento da Orada,
Vila Nova de Cerveira, Portugal
www.esg.pt

Mariana R. Correia (coord. de projeto), Gilberto
D. Carlos, David Leite Viana, Goreti Sousa,
Ana Lima, Filipa Gomes, Jacob Merten, Sandra
Rocha e Sousa.

Parceiros do Projeto Project Partners

Universidade do Minho, Guimarães, Portugal
Paulo B. Lourenço (coord. de equipa), Graça
Vasconcelos, Javier Ortega.
www.uminho.pt

Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal
Humberto Varum (coord. de equipa), Alice
Tavares Ruano, Aníbal Costa, António Figueiredo,
Hugo Rodrigues, Ricardo Barros, Dora Silveira.
www.ua.pt

Consultores Consultants

Ferruccio Ferrigni . Julio Vargas Neumann

Agradecimentos Acknowledgements

Câmara Municipal de Benavente . Câmara
Municipal de Alcácer do Sal . Câmara Municipal
de Grândola . Câmara Municipal de Évora .
Arquivo de Documentação Évora . Arquivo
Fotográfico Évora . Câmara Municipal de
Beja . Câmara Municipal de Moura . Câmara
Municipal de Odemira . Câmara Municipal de
Lagos . Câmara Municipal de Loulé . Câmara
Municipal de Tavira . Câmara Municipal de Vila
Real de Santo António . CVARG - Centro de
Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos .
Quinta Grande - Coruche . FormaURBIS .
UNIVEUR, Ravello . CRATERE - ENSAG . NCREP.
N. Jorquera . L. Dipasquale . A. Abdessamed-
Foufa . R. Djilali . E.S. Georgescu . S. Mecca .
E. Paupério . X. Romão . J. Yao . N. Takiyama.

Colaboradores Contributors

Ferruccio Ferrigni . Julio Vargas Neumann .
Frederico Paula . Inês Palma . Eduardo Miranda.

Financiamento Funding

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Coordenação do Projeto Project Coordination

escola superior  gallaecia

Parceiros do Projeto Project Partners



Escola de Engenharia
Universidade do Minho



Apoios Égide



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Chaire UNESCO
Architecture
de terre



MINISTÉRIO DA CULTURA



ICOMOS - CIAM
International Committee
of Monumental Architecture
International Council on
Monuments and Sites



ICOMOS - ISCEAH
International Scientific Committee
on Architectural Heritage
International Council on
Monuments and Sites



CENTRO UNIVERSITARIO EUROPEO
PER I BENI CULTURALI

Índice

Content

-
- 1** Projeto SEISMIC-V: Cultura sísmo-resistente vernácula em Portugal
SEISMIC-V Project: Vernacular seismic culture in Portugal
 - 2** Cultura sísmica local: definição e importância
Local seismic culture: definition and relevancy
 - 3** Cultura sísmica local no Mundo: exemplos de referência
Local seismic culture around the World: references
 - 4** Sismicidade histórica em Portugal
Historical seismic activity in Portugal
 - 5** Cultura sísmica local em Portugal
Local seismic culture in Portugal
 - Referência** (RC) Lisboa
 - Reference** (RC) Lisbon
 - Região 1** (R1) Lezíria do Tejo
 - Region 1** (R1) Tagus Lezíria
 - Região 2** (R2) Alentejo Litoral
 - Region 2** (R2) Coastal Alentejo
 - Região 3** (R3) Alentejo Central
 - Region 3** (R3) Central Alentejo
 - Região 4** (R4) Baixo Alentejo
 - Region 4** (R4) Lower Alentejo
 - Região 5** (R5) Algarve
 - Region 5** (R5) Algarve
 - Região 6** (R6) Açores
 - Region 6** (R6) Azores
 - 6** Erros frequentes: sistematização
Recurrent errors: systematization
 - 7** Mitigação da vulnerabilidade sísmica: recomendações
Mitigation of the seismic vulnerability: recommendations

Bibliografia
Bibliography





Fig. 1 . Casa com contrafortes em Baleizão, Baixo Alentejo House with buttresses in Baleizão, Lower Alentejo



Fig. 2 . Caracterização experimental Experimental characterization



Fig. 3 . Reunião da equipa de Investigação Research team meeting



Fig. 4 . Missão de Levantamento Survey mission

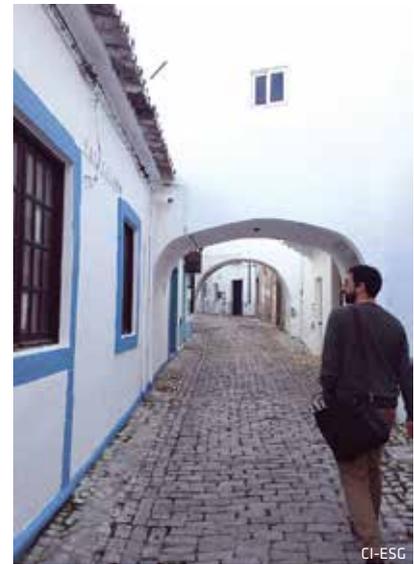


Fig. 5 . Missão de Levantamento Survey mission



Fig. 6 . Caracterização experimental Experimental characterization



Fig. 7 . Reunião da equipa de Investigação Research team meeting



Fig. 8 . Missão de Levantamento Survey mission



Fig. 9 . Reunião da equipa de Investigação Research team meeting

1

Projeto SEISMIC-V SEISMIC-V Project

O projeto 'SEISMIC-V: Cultura Sismo-Resistente Vernácula em Portugal' foi desenvolvido sob o apoio e financiamento da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PTDC/ATP-AQI/3934/2012). O Projecto foi coordenado pela ESG| Escola Superior Gallaecia, em parceria com os Departamentos de Engenharia Civil da Universidade do Minho e da Universidade de Aveiro.

A investigação realizada pretende contribuir para a identificação de estratégias e de elementos de reforço sismo-resistente, integradas nas culturas construtivas locais. O objectivo de fundo passa pela reflexão acerca da existência de uma Cultura Sísmica Local¹ em Portugal. A consolidação desta cultura remete para a implementação sistemática de medidas de prevenção e/ou reação das populações locais, na sequência de ocorrências sísmicas, de média ou alta intensidade, com relativa regularidade.

O projeto foi estruturado em cinco fases progressivas, conforme a sua metodologia de investigação: 1- Definição das áreas de estudo, de acordo com o risco sísmico, desenvolvendo em missões de pesquisa e análise preliminar; 2- Caracterização experimental *in situ*, onde se procedeu ao estudo dos materiais e da sua aplicação, através da comparação de desempenhos de casos representativos; 3- Modelação numérica e estudos paramétricos; 4- Identificação e definição dos erros mais frequentes, assim como das soluções, de reforço sismo-resistente, mais eficientes; 5- Sistematização da informação recolhida e produzida, através da caracterização das soluções analisadas.

O presente manual apresenta uma síntese estruturada da Fase 4, no âmbito da disseminação de resultados e considerações gerais do projeto, adoptando uma abordagem de teor operativo.

The project 'SEISMIC-V: Earthquake-Resistant Vernacular Culture in Portugal' was developed under the support and funding of FCT - Foundation for Science and Technology (PTDC / ATP-AQI / 3934/2012). The project was coordinated by ESG | Escola Superior Gallaecia, in partnership with the Departments of Civil Engineering, from the University of Minho and the University of Aveiro. The research carried out aimed at to contribute to the identification of strategies and reinforced earthquake-resistant elements, incorporated in local constructive cultures.

The main research aims to contribute for the reflection on the existence of a Local Seismic Culture¹ in Portugal. This culture is materialised and consolidated on the systematic implementation of preventive and / or reactive measures by the local population and following the occurrence of regular seismic events, of medium or high intensity.

The project was structured in five progressive phases, consistent with its research methodology: 1- Definition of the study areas, according to the seismic risk, held by research and preliminary analysis survey missions; 2- In situ experimental characterisation for the study of materials and their application, through benchmarking of representative cases; 3- Numerical modelling and parametric studies; 4- Identification and definition of the most frequent errors, as well as the most efficient solutions for earthquake-resistant reinforcements; 5- Systematization of the collected and produced information, throughout the characterization of the analyzed solutions.

This manual provides a structured overview of phase 4, emphasized on the dissemination of the gathered results and on the general reflections and considerations of the project, adopting an operating approach.

¹Designação internacional: Local Seismic Culture (Ferrigni, 1990). ¹International Definition: Local Seismic Culture (Ferrigni, 1990).



Fig. 10 . Arcos Arches



Fig. 11 . Contrafortes Buttresses



Fig. 12 . Contra-arco Counter-arch



Fig. 13 . Sistema 'gaioleiro' 'Cage' system

2

Cultura sísmica local: definição e importância **Local seismic culture: definition and relevance**

A Cultura Sísmica Local (LSC) manifesta-se, devido à vulnerabilidade sísmica a que estão sujeitas as habitações e à abordagem tecnológica utilizada para reduzir o impacto das eventuais ocorrências sísmicas (Ferrigni, 2005) (Correia et al., 2015).

A abordagem tecnológica consequente, deriva da natureza endémica dos sismos, da sua frequência e do impacto na construção tradicional. Resulta assim da aplicação de um conhecimento empírico, desenvolvido ao longo de várias gerações, que se traduz no reforço estrutural de técnicas de construção locais ou na introdução sistemática de elementos sismo-resistentes na cultura construtiva tradicional.

A abordagem tecnológica pode ser distinguida em dois tipos de ações fundamentais:

- Abordagem reativa, que visa mitigar os danos já produzidos;
- Abordagem preventiva, que pretende antecipar-se a futuras ocorrências.

Não raras vezes estas abordagens podem ser combinadas em determinadas técnicas e soluções, de forma a potenciar a segurança da construção.

The Local Seismic Culture (LSC) is expressed due to the seismic vulnerability that vernacular housing is exposed to, as well as the technological approach used, to reduce the impact of possible seismic events. (Ferrigni, 2005) (Correia et al., 2015)

The resulting technological approach derives from the endemic nature of the earthquakes, their frequency and impact on the traditional construction. It results from the application of an empirical knowledge, developed over several generations, which is expressed in the structural reinforcement of local construction techniques, and in the systematic introduction of earthquake-resistant elements in the traditional constructive culture.

The technological approach can be distinguished in two fundamental actions:

- Reactive approach, which aims to mitigate the damage already produced;
- Preventive approach, which aims to anticipate future events.

Occasionally, these approaches can be combined in technical solutions, in order to enhance the construction safety.



Fig. 14 . Haiti Haiti
CRATerre



Fig. 15 . Chile Chili
N. Jorquera



Fig. 16 . Portugal Portugal
Ci-ESG



Fig. 17 . Perú Peru
Ci-ESG



Fig. 18 . Itália Italy
L. Dipasquale



Fig. 19 . Marrocos Morocco
A. Abdessemed-Foufa

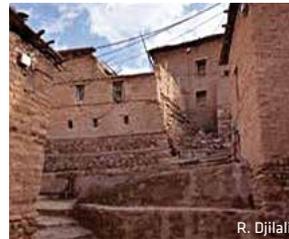


Fig. 20 . Argélia Algeria
R. Djilali



Fig. 21 . Roménia Romania
E.S. Georgescu



3

Cultura sísmica local no mundo

Local seismic culture
around the world

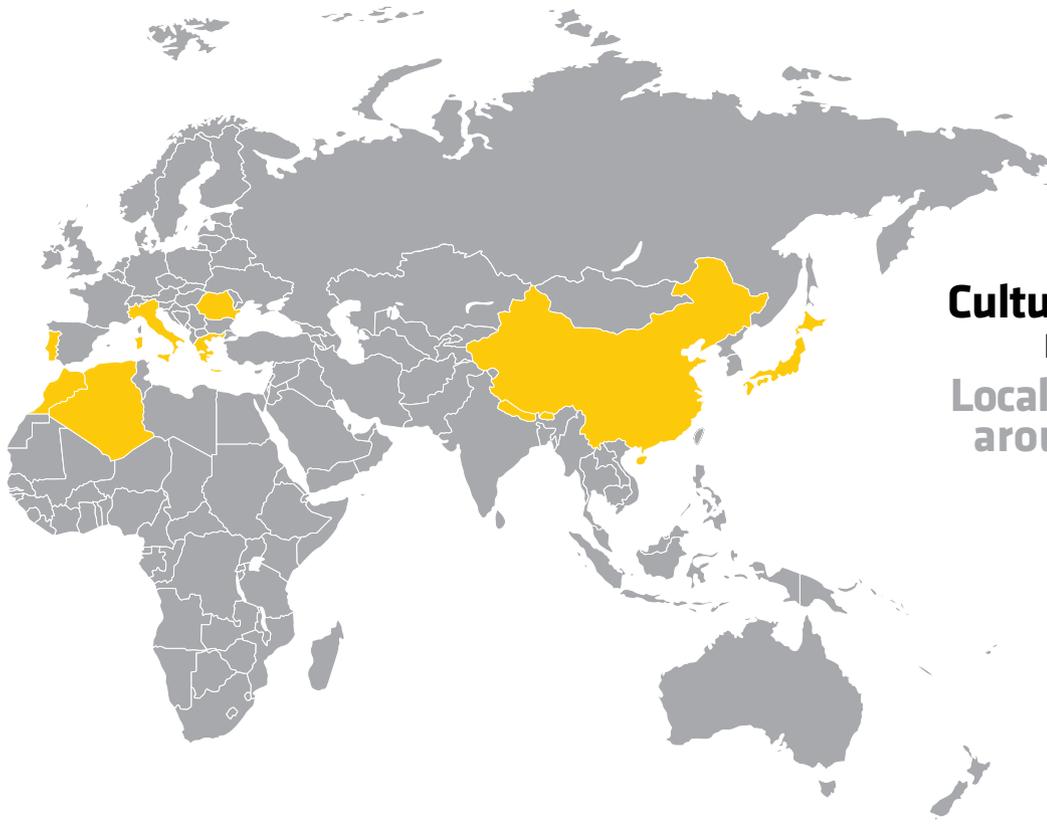


Fig. 22 . Japão Japan

11



Fig. 23 . Grécia Greece

S. Mecca



Fig. 24 . Nepal Nepal

E. Paupério & X. Romão



Fig. 25 . Butão Buthan

NCREP



Fig. 26 . China China

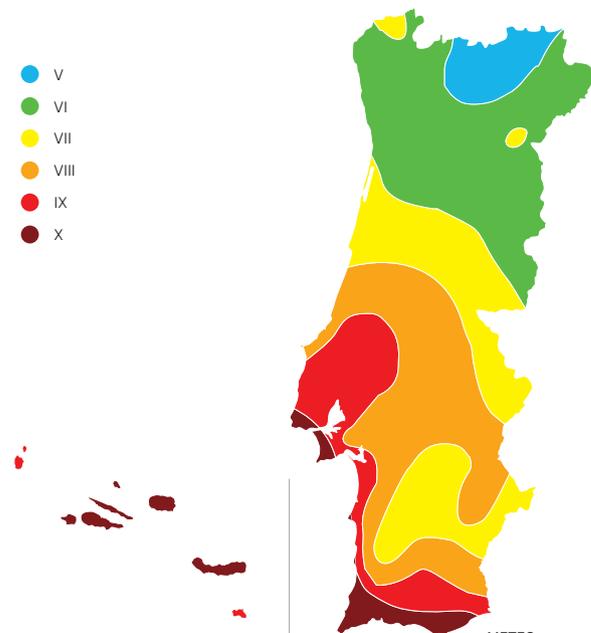
J. Yao

- Falha da Seia-Lousã
Fault of Seia-Lousã
- Falha do Vale Inferior do Tejo (VIT)
Fault of Tagus Lower Valley (VIT)
- Falha de Messejana - Região do Alentejo
Fault of Messejana - The Alentejo Region
- Falha de Loulé - Região do Algarve
Fault of Loulé - The Algarve region
- Falha da Régua
Fault of Régua
- Falha da Vilarça
Fault of Vilarça
- Falha da Nazaré
Fault of Nazaré



IGEO
Principais falhas em Portugal Major faults on the mainland

- V
- VI
- VII
- VIII
- IX
- X



METEO
Intensidade macro sísmica em Portugal Macro seismic intensity in Portugal

4

Sismicidade histórica em Portugal

Historical seismicity in Portugal

Portugal constitui um país de risco sísmico moderado, embora tenha a particularidade de ser susceptível a ocorrências significativas, como demonstra a regularidade do seu registo histórico.

A Região de Lisboa e a Região do Algarve estão localizadas na área de maior risco sísmico. A região da Lezíria do Tejo e a Península de Setúbal, localizadas na 'Falha Inferior do Tejo', também apresentam elevado risco. A actividade vulcânica do arquipélago dos Açores e a sua particular localização geográfica fazem das suas ilhas um dos contextos de maior vulnerabilidade. O Alentejo Litoral apresenta um índice de impacto médio-alto, conjugado com uma significativa frequência de ocorrências. Finalmente, o Alentejo Central apresenta um índice de impacto médio/baixo, com a particularidade de apresentar uma intensa regularidade de ocorrências.

Portugal, though known as a moderate seismic hazard country, is, yet, susceptible to significant occurrences, as evidenced by the regularity of its historical record.

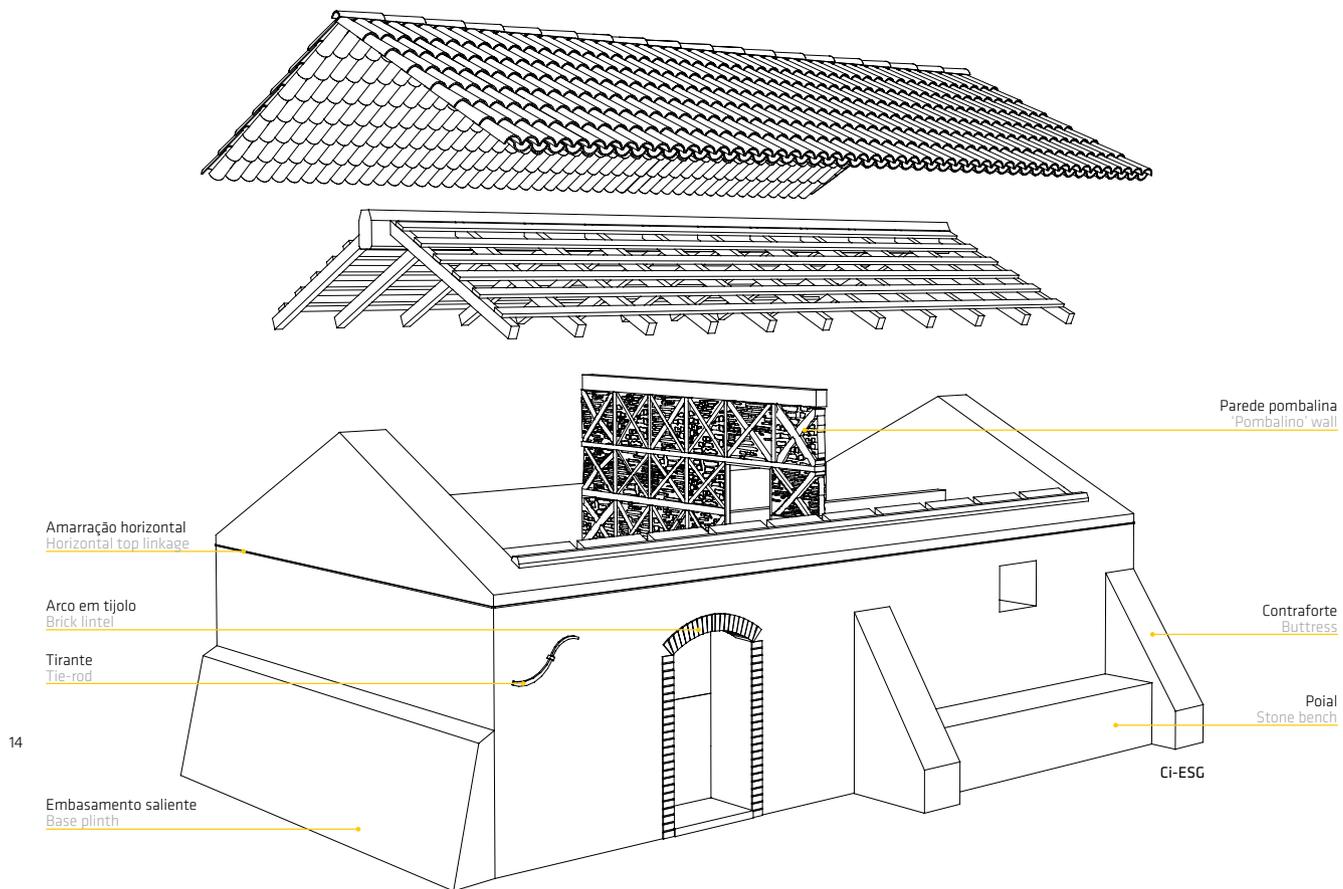
The Lisbon region and the Algarve Region are located in the highest seismic hazard area. To refer are also the regions of Tagus Lezíria and Setúbal Peninsula, located in the 'Fault of Tagus Lower Valley', that also present a high seismic vulnerability. The volcanic activity of the Azores archipelago and its particular geographical location turn these islands into one of the most vulnerable contexts, regarding seismic hazard impact. The Coastal Alentejo region, presents a medium-high impact index, along with a significant frequency of occurrences. Finally, the Central Alentejo is depicted as a region of medium/ low impact index, with the particularity of presenting an intense regularity of occurrences.

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1531	IX
1755	IX
1858	IX
1909	V
1969	VIII

Principais sismos em Portugal Continental.
Major seismic events in the Continental Portugal.

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1522	X
1614	IX
1757	X
1841	IX
1852	VIII
1980	VIII-IX
1998	VIII-IX

Principais sismos ocorridos nos Açores.
Major seismic events in the Azores. (LNEC, 1986)



14

Fig. 27. Habitação alentejana com elementos de reforço / Alentejo's house with reinforcement elements

5

Cultura sísmica local em Portugal

Local seismic culture in Portugal

A definição das áreas de estudo baseia-se na análise do registo histórico dos principais sismos, ocorridos em contexto nacional nos últimos séculos, e na sistematização da cultura construtiva de cada região selecionada. O sismo de 1755 representa o principal marco cronológico, pela violenta destruição provocada na cidade de Lisboa; em parte significativa da Região do Algarve e de forma; mais disseminada ao longo Alentejo Litoral. A influência do processo de reconstrução da baixa de Lisboa, ainda que não possa ser considerada vernácula, terá uma repercussão sem precedentes no território português, constituindo um paradigma técnico para todos os tipos de arquitetura. Cada Região é representada por estudos de caso específicos, selecionados de acordo com: o desenvolvimento e perpetuação da abordagem sismo-resistente observada, a natureza dos processos de reconstrução implementados; a solidariedade estrutural dos conjuntos de edifícios; a caracterização morfo-tipológica tradicional; o desempenho estrutural dos sistemas construtivos locais; e a inclusão sistematizada de elementos de reforço estrutural.

The definition of the study areas is based on the analysis of the historical record of the major earthquakes, which occurred in the national context over the recent centuries, and in the systematization of the constructive culture at each selected region. The earthquake of 1755 is the main chronological landmark, due to the violent destruction caused in Lisbon, in a significant part of the Algarve Region, and in a more widespread destruction throughout the Coastal Alentejo region. The influence of the process of Lisbon's Downtown reconstruction, although not considered as vernacular, it will have an unprecedented impact on Portuguese territory, constituting a technical paradigm for all types of architecture.

Each region is represented by specific case studies, which were selected accordingly to: the development and continuation of the earthquake-resistant approach surveyed; the nature of the implemented reconstruction processes; the structural cohesion of the buildings; the traditional morphological and typological portrayal; the structural performance of local construction systems, and the systematic inclusion of structural reinforcing elements.



Fig. 28 . **rc** Lisboa **rc** Lisbon

FormaURBIS



Fig. 29 . **r1** Lezíria do Tejo **r1** Tagus Lezíria

CI-ESG



Fig. 30 . **r2** Alentejo Litoral **r2** Coastal Alentejo

CI-ESG



Fig. 31 . **r3** Alentejo Central **r3** Central Alentejo

CI-ESG



Fig. 32 . **r4** Baixo Alentejo **r4** Lower Alentejo

CI-ESG



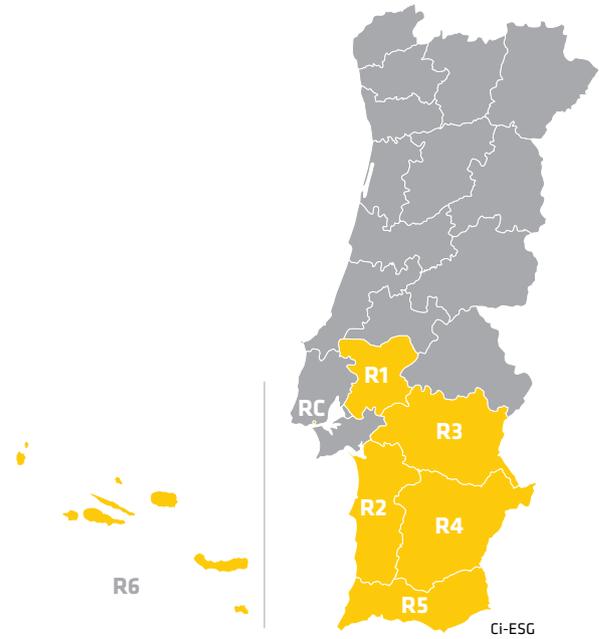
Fig. 33 . **r5** Algarve **r5** Algarve

CI-ESG



Fig. 34 . **r6** Açores **r6** Azores

CI-ESG



Regiões identificadas Identified regions

CI-ESG

As regiões analisadas foram: R1. Lezíria do Tejo; R2. Alentejo Litoral; R3. Alentejo Central; R4. Baixo Alentejo; R5. Algarve; e R6. Açores.

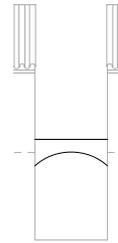
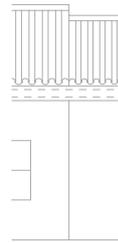
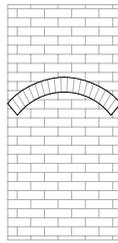
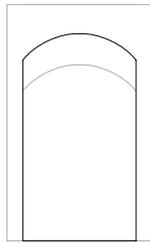
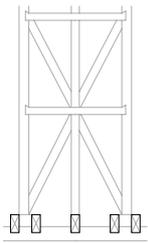
O caso particular da reconstrução da baixa de Lisboa, pelas razões mencionadas anteriormente, foi considerado um contexto independente designado como RC (Caso de Referência).

No decorrer da identificação dos estudos de caso, a equipa de investigação, estabeleceu que o reconhecimento de um conjunto de, pelo menos, três ou mais técnicas sísmo-resistentes num edifício, definiria que a sua utilização tinha sido consciente, pelo que a estrutura seria reconhecida como uma edificação com características sísmo-resistentes. Se numa região, se identificasse a presença de mais de três edifícios com a aplicação de estratégias sísmo-resistentes análogas, o reconhecimento de uma 'Cultura Sísmica Local' seria efetivo.

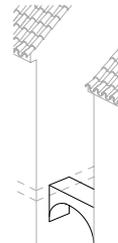
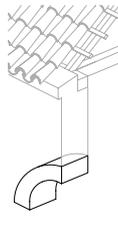
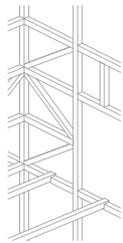
The regions studied were: R1. Tagus Lezíria region; R2. Coastal Alentejo region; R3. Central Alentejo region; R4. Lower Alentejo region; R5. The Algarve region; and R6. The Azores region. The particular situation regarding the reconstruction of Lisbon's downtown, for the reasons aforementioned, is considered an independent context, therefore nominated as RC (Reference Case).

During the identification of the case studies, the research team established that the recognition of at least three or more earthquake-resistant techniques in a building would define the awareness of their use. Therefore, the structure would be recognised as an earthquake-resistant building. In a region, where it was identified the presence of more than three buildings, with the application of similar earthquake-resistant strategies the recognition of a 'Local Seismic Culture' would be effective.

Fig. 35 . Principais elementos de reforço Main reinforcement elements:



18



Sistema "gaioleiro" 'Cage' system

Arco / Abóbada Arch / Vault

Arco de descarga Relieving arch

Amarração horizontal horizontal reinforcement

Contra-arco Counter-arch

Principais elementos de reforço e consolidação estrutural identificados na arquitectura vernácula portuguesa:

Elementos de reforço integrados no sistema construtivo

Elementos utilizados para melhorar a união entre os constituintes das paredes e/ou a sua capacidade estrutural. Exemplos: elementos horizontais de reforço aplicados entre as camadas de taipa ou fiadas de alvenaria, conectores de madeira utilizados no interior das paredes ou a aplicação do sistema 'gaioleiro'.

Elementos de consolidação perimetral

Elementos utilizados para amarrar exteriormente a unidade edificada, definindo um comportamento articulado entre distintos componentes estruturais, como paredes, pavimentos e coberturas, assegurando a conexão e a estabilidade estrutural das fachadas. Exemplos: Contraforte, tirante, poial, reforço do cunhal e melhoramento geral da qualidade das alvenarias empregues.

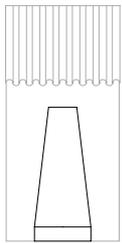
Main reinforcement and retrofitting elements found in the Portuguese vernacular architecture:

Reinforcement elements in the constructive system

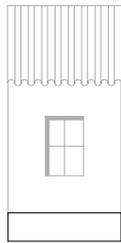
These are elements applied to guarantee a better cohesion of the walls elements and/ or its structural capacity. e.g. horizontal reinforcement in-between rammed earth layers / adobe masonry / stone masonry; wood connectors used in the interior of walls, Pombalino structural system.

Perimetral reinforcement elements

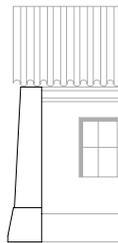
These are used for the locking of the whole building, thus defining a unique behaviour among the different structural components/ elements, such as walls, floors and roofs, and thus providing the linkage and the structural stability of the façades. E.g. buttresses, tie-rods, *poial* (stone bench); corners reinforcement, and the general improvement of the masonry quality.



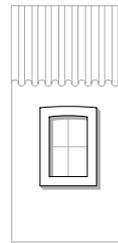
Contraforte Buttress



Poial Stone bench



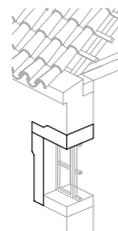
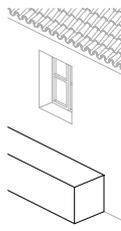
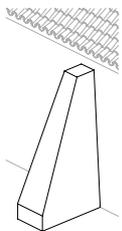
Reforço de cunhal Reinforced corner



Reforço de guarrições Reinforced jambs



Tirante Tie-rod



Estruturas arqueadas

A combinação de arcos e abóbadas é frequente nas tipologias tradicionais como forma de assegurar uma distribuição mais eficiente de cargas superiores. Estas soluções são geralmente aplicadas no piso térreo de edifícios desenvolvidos em altura, em contextos urbanos ou periféricos. Exemplos: arcos e abóbadas de pisos térreos, arcos rebaixados aplicados no topo dos vãos e arcos de descarga integrados nas paredes.

Elementos e soluções de reforço combinado

Elementos estruturais aplicados entre edifícios contíguos ou em banda com o intuito de reforçar a solidariedade estrutural do conjunto e/ou reduzir o efeito de 'martelamento'. Exemplos: frechal contínuo, contra-arco e embasamento saliente comum.

Arch-structures

Arches and vaults are common in traditional buildings, as they ensure an efficient distribution of the loads. These are usually found at the ground-floor level, and are developed in elevation, either in urban or in periurban contexts. E.g. Ground-floor arches and vaults; low arches at the top of the openings; and discharging arches in the walls.

Combined reinforcement elements

These are structural elements applied between contiguous buildings or row buildings, aiming at strengthen the structural unity of the volume and reduce the 'pounding' effect. E.g. continuous cornice, counter-arches and reinforced plinth course.

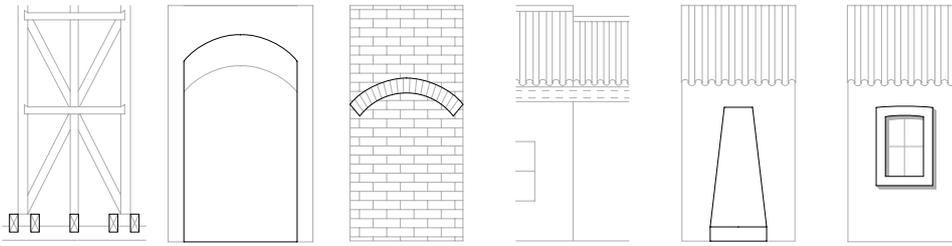




Fig. 36 . Casa com contrafortes em Trindade, Baixo Alentejo House with buttresses in Trindade, Lower Alentejo



24



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 37. Vista aérea da baixa de Lisboa Aerial view of Lisbon downtown

RC

Baixa de Lisboa Lisbon downtown



Mapa de Portugal Portugal map

25

O terramoto de 1755 constitui a ocorrência mais marcante do panorama nacional, sobretudo pela violência com que afectou a capital. A parte baixa da cidade de Lisboa ficou reduzida a escombros, devido à acção dos abalos sísmicos e aos incêndios e tsunamis, que se lhe seguiram.

The 1755 earthquake represents the most relevant occurrence of the national panorama, especially due to the violent impact that affected the capital. The lower part of Lisbon was reduced to rubble, due to the action of the tremors, fires and tsunamis.

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1531	IX
1755	VIII
1909	IX
1914	VII
1969	VI

Principais sismos ocorridos na região de Lisboa e Vale do Tejo.
Major seismic events in the region of Lisbon and the Tagus Valley.

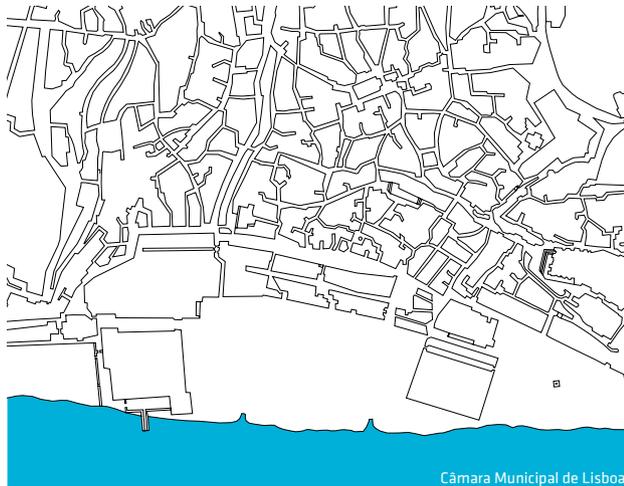


Fig. 38. Planta de 1650 antes do terramoto Urban Plan from 1650 before the earthquake

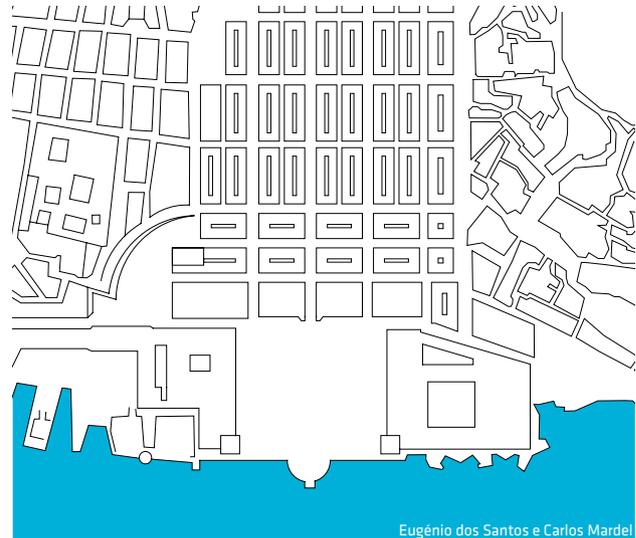


Fig. 39. Planta de reconstrução de Lisboa 1755-1758 Lisbon reconstruction urban plan 1755-1758

26

O processo de reconstrução da Baixa de Lisboa, segundo o modelo original da “Casa do Risco”, constituirá a principal referência de construção sísmo-resistente nacional. A solução aplicada não se remeteu apenas à necessidade do melhoramento do desempenho estrutural dos edifícios, mas também adotou várias estratégias de antecipação ao cenário pós-catástrofe. A sua influência irá sentir-se desde a implementação de um traçado urbano específico, até à adoção de tipologias arquitetónicas concretas. A inovação tecnológica dos sistemas construtivos, aplicados de forma sistematizada, recorrendo à estandardização e à pré-fabricação, constitui uma das suas características mais marcantes. O sistema de estacaria das fundações, a aplicação regular de tectos abobadados no piso térreo e a execução de paredes estruturais com recurso a travamento combinado, determinaram um paradigma nacional sem precedentes.

A intervenção na Baixa de Lisboa é preconizada pela demolição integral dos escombros, cujo entulho é utilizado para criar uma plataforma, elevando a cota acima do rio e avançando sobre a linha de costa. Pressupõe a implementação de uma ação de planeamento urbano completamente nova, com traçado inteiramente ortogonal. O traçado é definido pela repetição regular de quarteirões rectangulares e a utilização de um edifício “modelo”, cuja aplicação se faz de forma sistemática com pequenas variações compositivas.

The process of reconstruction of downtown Lisbon, according to the original model of the “Casa do Risco”, constitutes the principal national reference of earthquake-resistant construction. The elected solution does not refer only to the need to improve the structural performance of buildings, but also adopts several strategies to advance post disaster scenarios. Its influence will be felt from the implementation of a specific urban plan, until the adoption of concrete architectural typologies. The technological innovation of building systems, applied in a systematic way, using standardization and prefabrication, is one of its most striking features. The wooden piling foundation system, the methodical application of vaulted ceilings on the ground floor and the implementation of structural walls with combined locking features, defined an unprecedented national standard.

The intervention in the Lisbon downtown was promoted by the complete demolition of the rubble, which was used to create a platform, raising the elevation above the river and extending the shoreline. The reconstruction required the implementation of a completely new urban planning action with an entirely orthogonal layout. The layout is defined by the regular repetition of rectangular blocks and the use of a building ‘model’, whose implementation is made systematically with minor variations.

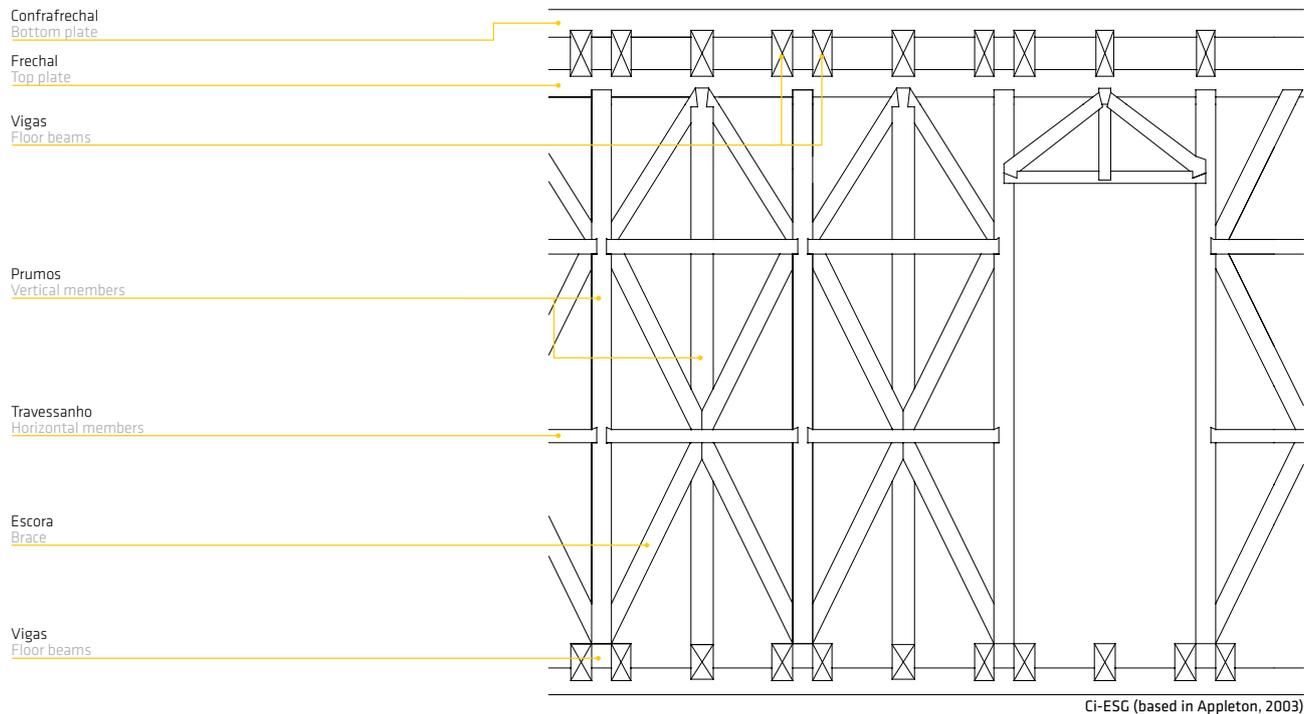


Fig. 40. Estrutura interna de uma parede do sistema 'gaioleiro' Internal structure of a 'cage system' wall

Construtivamente, a reconstrução caracteriza-se pelo desenvolvimento e emprego sistemático do sistema de “gaiola”, em todos os paramentos interiores. A gaiola é constituída por uma estrutura composta por elementos verticais (os prumos), horizontais (os travessanhos) e diagonais, formando módulos de matriz cruzada (segundo a repetição da cruz de Santo André). As estruturas tridimensionais de madeira são articuladas com panos de preenchimento em alvenaria de pedra aparelhada, permitindo a execução de paredes mais leves e flexíveis.

The reconstruction is characterized by the development and systematic use of the 'gaiola' (cage) system, in all interior facings. The 'gaiola' system consists of a structure composed of wooden vertical (prumos), horizontal (travessanhos) and diagonals elements, forming cross-matrix modules (according to the repetition of the St. Andrew's cross). The wooden three-dimensional structures are then in filled with cut stone masonry, allowing walls to be lighter and more flexible.

Os painéis resultantes eram travados pelas vigas de pavimentos, coadjuvados pelos restantes elementos do madeiramento dos pavimentos. As vigas de pavimento eram sempre perpendiculares à fachada, onde eram encastradas, articulando assim todo o conjunto.

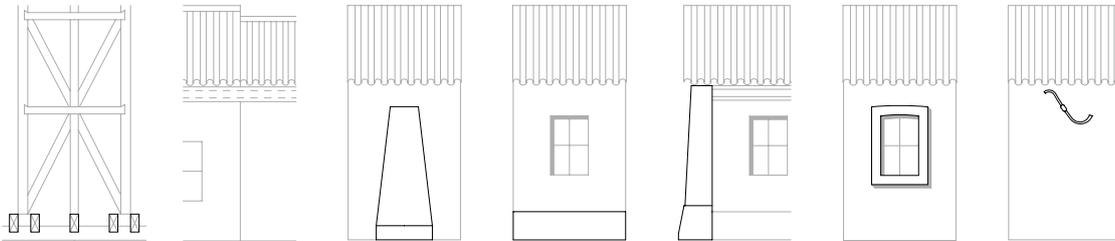
As fundações, travadas entre si por arcos de tijolo de burro, eram assentes em grelhas de estacaria vertical de madeira, com profundidade significativa, rematadas superiormente com plataformas cruzadas.

The resulting panels were fastened to the floor beams, by the other elements of wooden floors. The floor beams were always perpendicular to the facade, which were recessed, thereby linking the overall system.

The foundations, locked together by brick arches, were based on grids of vertical wooden piling, with a substantial depth, with cross-platforms on the top.



28



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 41. Conjunto habitacional para trabalhadores agrícolas na Quinta Grande, Coruche Residential cluster for agriculture labourers in Quinta Grande, Coruche

CI-E56

R1

Santarém

Lezíria do Tejo Tagus Lezíria



Mapa de Portugal Portugal map

29

A sismicidade histórica do Ribatejo é caracterizada por ocorrências de alta intensidade, salientando-se os sismos de 1531, 1909 e 1914. A região encontra-se localizada numa zona de elevado risco, assente na falha do “Vale Inferior do Tejo”.

The historic seismic activity of the Ribatejo is characterized by high intensity events, particularly the earthquakes of 1531, 1909 and 1914. The region is located in the high-risk zone of the Tagus Lower Valley Fault (Vale Inferior do Tejo).

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1531	IX
1755	VIII
1909	IX
1914	VII
1969	VI

Principais sismos ocorridos na Região do do Médio Tejo.
Major seismic events in the “Médio Tejo” region. (LNEC, 1986)

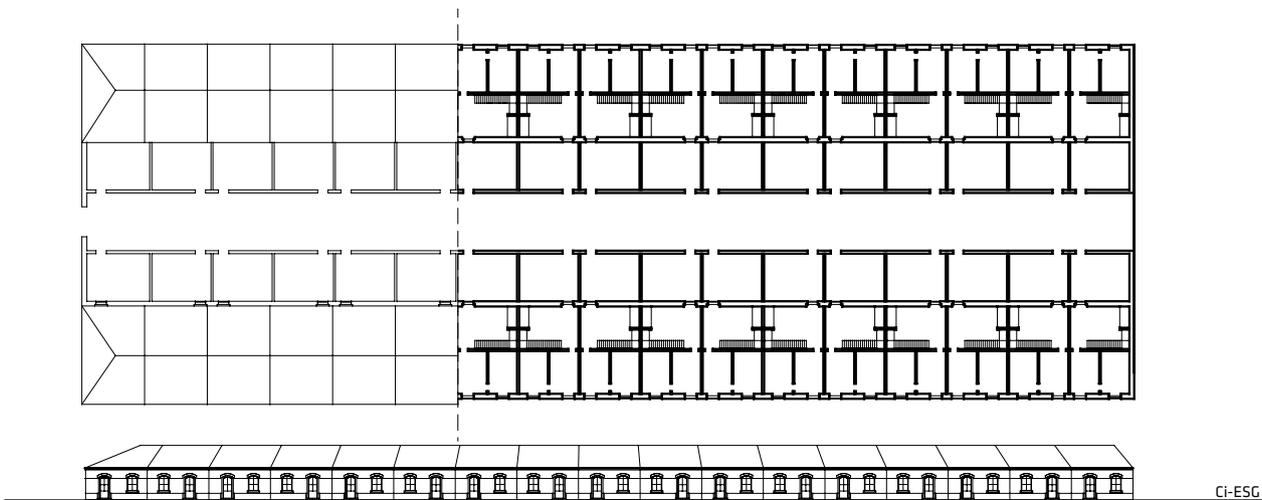


Fig. 42 . Quarteirão urbano com planta simétrica, construído após o sismo de 1909, em Benavente Urban block with symmetrical plan, built after the 1909 earthquake, in Benavente

Benavente surge como estudo de caso, devido à ocorrência de três sismos de grande intensidade, com epicentro próximo. O sismo de 1909, em particular, causou destruição significativa em todo o Concelho. A tipologia de realojamento, gerada após o sismo de 1909, é constituída por edifícios de piso térreo, com cobertura de duas águas, com planta rectangular, alongada e regular.

Benavente emerged as a case study due to the occurrence of three earthquakes of great intensity, with a nearby epicentre. The earthquake of 1909, in particular, caused significant destruction throughout the county. The type of houses created after the 1909 earthquake, consists of single storey building with a gabled roof, rectangular floor plan, elongated and uniform.

Construtivamente, os paramentos estruturais recorrem ao sistema de parede de frontal, sendo executados com esqueleto de madeira, preenchido com alvenaria de pedra ou adobe, constituindo uma versão mais simples da “gaiola pombalina”. Os muros dos pátios traseiros surgem como prolongamento das paredes estruturais, contribuindo para a solidariedade estrutural do conjunto.

Constructively, the structural parameters turn to the front wall system, are executed with an internal wooden cage filled with stone masonry or adobe, composing a simpler version of the ‘gaiola pombalina’. The backyard walls produce an extension to the structural walls, contributing to the structural solidarity of the whole.



Fig. 43 . Vãos pequenos e regulares Small and regular openings



Fig. 44 . Embasamento saliente Reinforced plinth course



Fig. 45 . Amarração horizontal Horizontal reinforcement



Fig. 46 . Fachada de habitações em banda na Quinta Grande, Coruche Facade of residential row in Quinta Grande, Coruche

Coruche localiza-se num área de importante atividade sísmica, embora com impacto moderado. Os edifícios identificados são de carácter essencialmente rural, com piso térreo e cobertura de duas águas. Apresentam dimensões reduzidas, com planta de configuração rectangular regular. Os edifícios são agregados em banda de grande extensão, adossados pelos lados menores.

Coruche is located in an area of relevant seismic activity, although with moderate impact. The identified buildings are essentially rural in character, with a single storey and gabled roof. The buildings have reduced dimensions, with uniform rectangular floor plans. The buildings are aligned side-by-side in a long row.

Construtivamente, os edifícios apresentam paredes exteriores em alvenaria de pedra ou em tijolo maciço. Os paramentos interiores são de alvenaria de tijolo e adobe ou tabique de caniço. O elemento sísmo-resistente de maior expressão é o contraforte, com aplicação frequente, embora irregular, geralmente aplicado na fachada tardoz e nos ângulos de remate dos conjuntos.

Constructively, the exterior walls of the buildings are in stone masonry or in solid brick. The interior walls are in brick or adobe masonry; or in wattle and daub ('tabique de caniço'). The most significant seismic-resistant element is the buttress, with frequent but irregular application; usually, it was applied to the masonry facade, on the outside corners of the building, at the end of the residential rows.

31



Fig. 47 . Contraforte na fachada anterior Buttress on the back facade



Fig. 48 . Fachadas regulares Regular facades



Fig. 49 . Contraforte no topo da banda Buttress at the row end



Fig. 50 . Área de expansão de Benavente, após o sismo de 1909 Expansion area of Benavente, after the 1909 earthquake

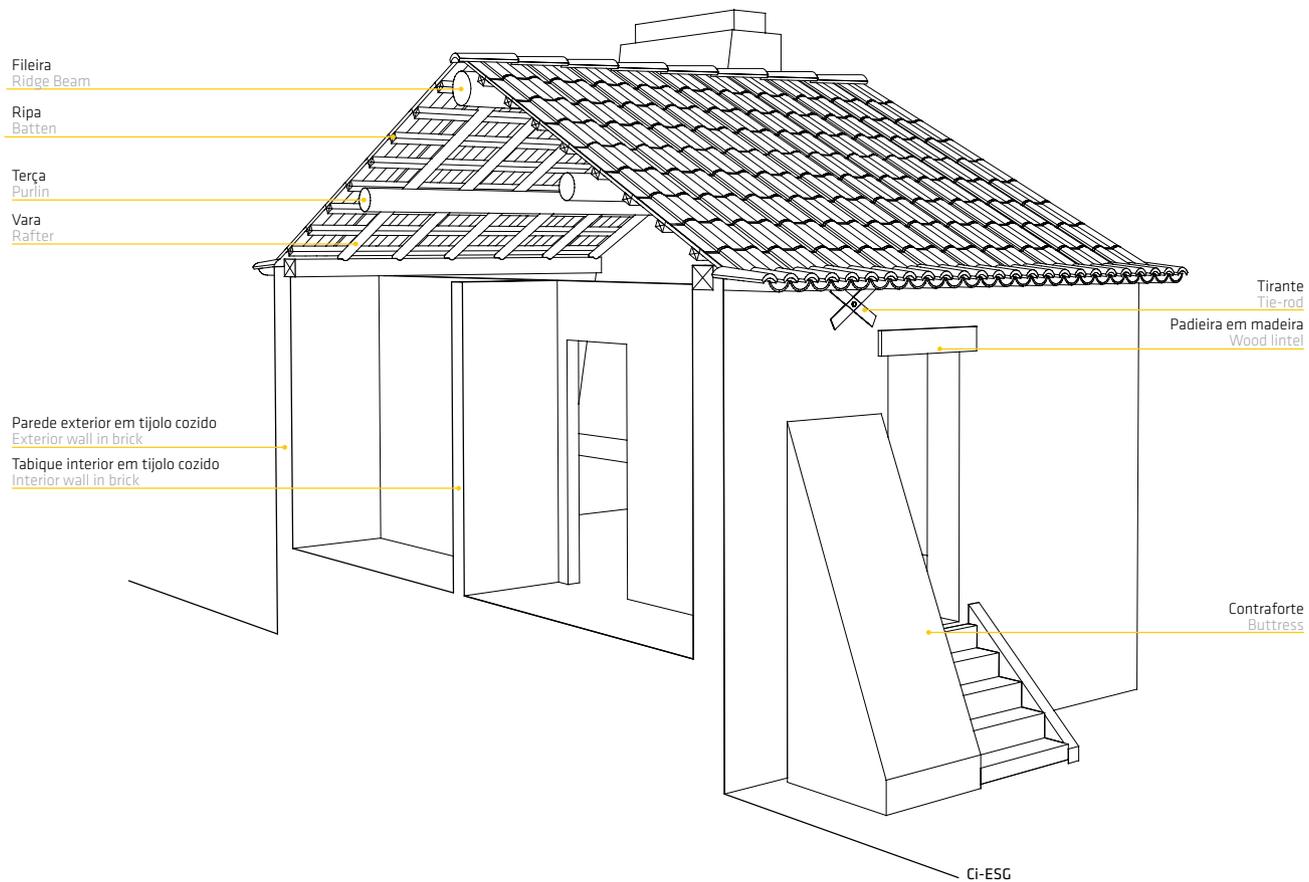
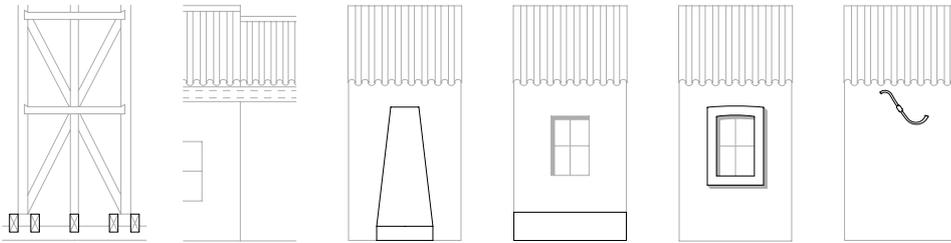


Fig. 51 . Corte de habitação na Quinta Grande, Coruche House section of Quinta Grande, Coruche



34



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 52 . Casa dos Romeiros, Alcácer do Sal Romeiros House, Alcácer do Sal

A sismicidade histórica da Costa Alentejana é pautada pelas elevadas intensidades dos sismos de 1755, 1858, 1903 e 1969. O sismo de 1858, com epicentro local, atingiu a região com intensidade elevada (IX MCS).

The historic seismic activity of the Costa Alentejana is guided by the elevated intensity of the earthquakes of 1755, 1858, 1903 and 1969. The 1858 earthquake, with a local epicentre, hit the region with high intensity (IX MCS).

R2

Setúbal

Alentejo Litoral Coastal Alentejo



Mapa de Portugal Portugal map

35

Ano Year	Intensidade MCS MCS intensity
1755	VIII-IX
1909	VIII-IX
1914	VI-VII
1969	VII

Principais sismos ocorridos na Costa Alentejana.
Major seismic events in the Costa Alentejana. (LNEC, 1986)

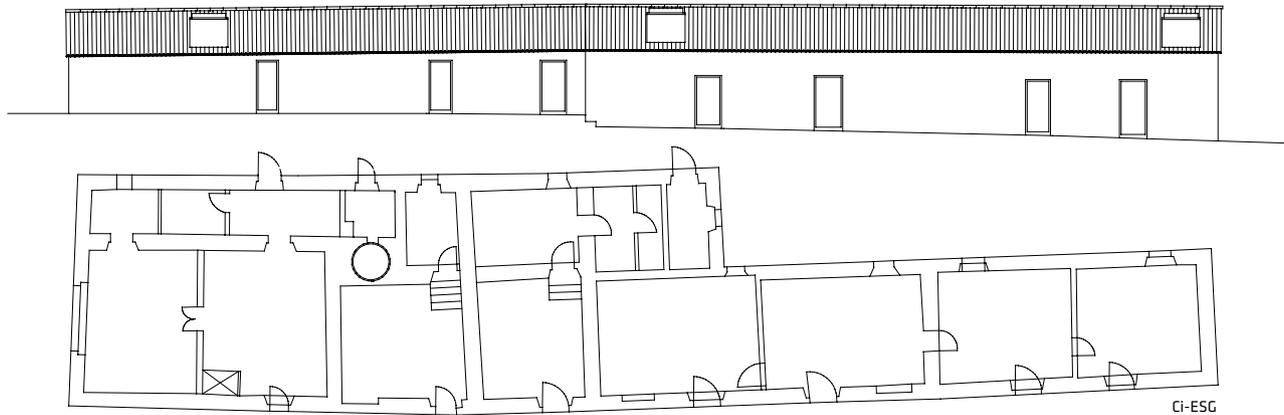


Fig. 53 . Planta e alçado frontal da Casa dos Romeiros, Alcácer do Sal Plan and main elevation of the Romeiros House, Alcácer do Sal

CI-ESG

Alcácer do Sal surge como estudo de caso, por se encontrar inserida numa área de atividade sísmica regular e devido à identificação de edifícios, de cariz vernáculo, com presença evidente de elementos sismo-resistentes. Os edifícios identificados são de piso térreo e cobertura de duas águas, apresentam dimensões reduzidas, com planta de configuração retangular. Os edifícios são geralmente agregados em banda, adossados pelos topos, em alinhamentos ortogonais.

Alcácer do Sal was selected as a case study, because of its location in an area of regular seismic activity and due to the identification of several vernacular buildings, with evident seismic-resistant elements. The identified buildings are single storey with gable roofs, have reduced dimensions, and have a rectangular floor plan. The buildings are usually aligned in rows, adorsed on the tops in orthogonal alignment.

Construtivamente, é usada uma técnica mista, utilizando alvenaria de pedra e taipa, geralmente reforçada com fiadas de tijolo maciço. Alguns casos apresentam a colocação de um poial comum entre diferentes unidades habitacionais. A compartimentação interna é executada realizada através de paredes, transversais, executadas em sistema 'gaioleiro'. Complementarmente verifica-se a incorporação de esticadores no alinhamento das paredes transversais.

Constructively, a mixed technique is used of stone masonry and rammed earth, generally reinforced with a row of brick. In some cases, a common-use stone bench (poial) is present in front of the different housing units. The internal partitioning is accomplished through transversal walls with the 'gaioleiro' system. In addition, tie-rods were incorporated into the alignment of the transversal walls.

36



Fig. 54 . Vãos regulares Regular openings

CI-ESG



Fig. 55 . Tirantes Tie-rods

CI-ESG



Fig. 56 . Conjunto de habitações em banda Row housing

CI-ESG

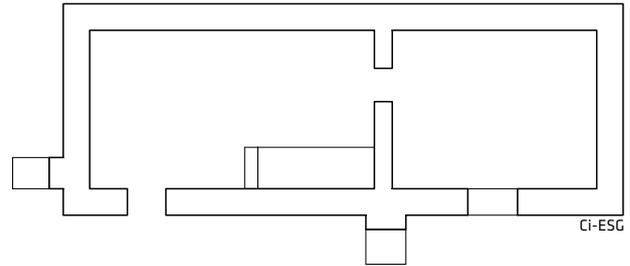
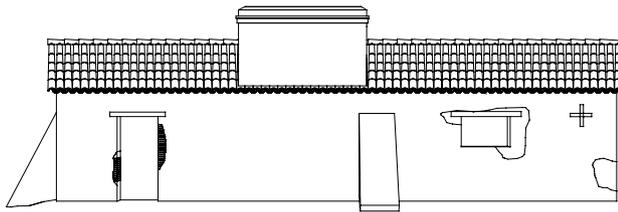


Fig. 57. Planta e alçado de casa em Melides Plan and elevation of a house in Melides

O Concelho de Melides foi selecionado devido à sua regular sismicidade histórica e singular cultura construtiva, principalmente fora do núcleo central da Vila. Esta cultura construtiva é baseada na melhoria dos sistemas construtivos tradicionais e na utilização de elementos sismo-resistentes. Os edifícios identificados são de piso térreo, com cobertura de duas águas.

The Municipality of Melides was selected due to its seismic history and unique constructive culture; mainly outside the town centre. This constructive culture is based on the improvement of traditional constructive systems and the use of seismic-resistant elements. The identified buildings are single storey with gable roofs, have small dimensions, and a rectangular floor plan.

A planta apresenta pequenas dimensões e tem configuração retangular. A implantação é isolada ou agregada horizontalmente. As paredes exteriores são realizadas em taipa, formando uma estrutura monolítica, complementada pela colocação de contrafortes, conjugados com embasamentos salientes. As paredes têm a particularidade de conter simultaneamente outros elementos de reforço, tais como tirantes metálicos e poiais.

The plan organization is simple with a rectangular configuration. The exterior walls are built in rammed earth, forming a monolithic structure, complemented by the introduction of buttresses, and combined with reinforced base plinths. The buildings have the distinction of simultaneously containing other reinforcing elements, such as, metal tie-rods and stone benches.



Fig. 58. Contraforte na fachada lateral Buttress on the lateral elevation



Fig. 59. Três contrafortes Three buttresses



Fig. 60. Casa com contrafortes e tirantes House with buttresses and tie-rods

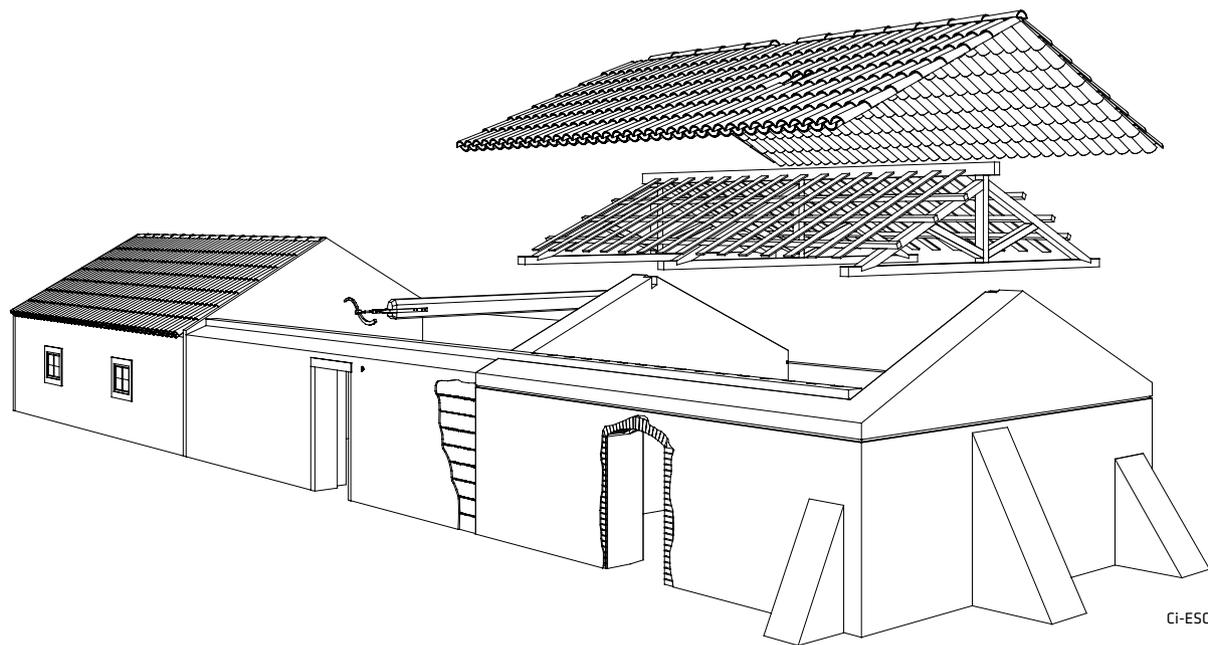


Fig. 61 . Axonometria expandida de uma habitação em Melides Exploded axonometric of a house in Melides

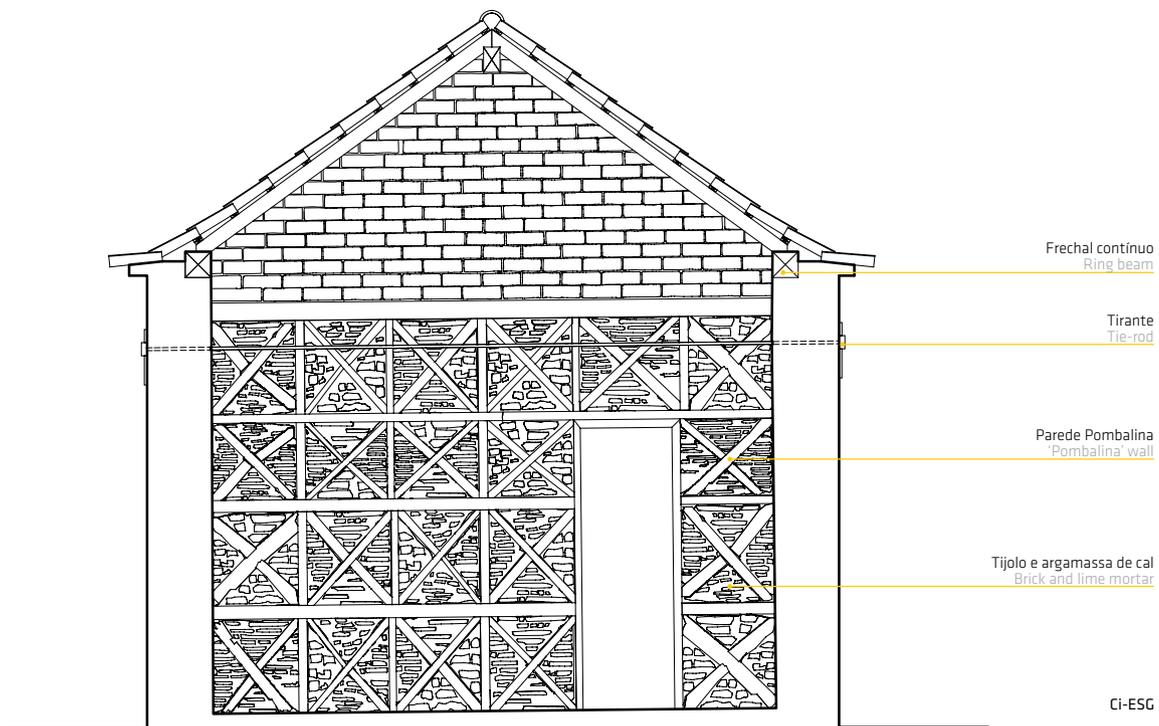
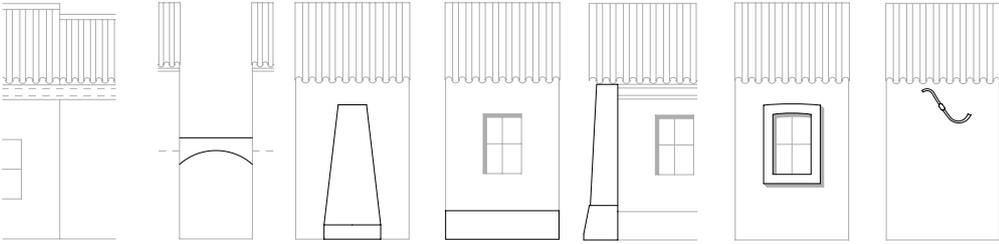


Fig. 62 . Corte transversal da Casa dos Romeiros, Alcácer do Sal Transversal section of the Romeiros House, Alcácer do Sal



40



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 63 . Vista aérea do Centro Histórico de Évora Aerial view of Évora's Historical Centre

F. Jorge

R3
Évora

Alentejo Central Central Alentejo



Mapa de Portugal Portugal map

41

A sismicidade histórica do Alto Alentejo caracteriza-se pelo número elevado de ocorrências sísmicas, de média intensidade, que podem produzir pequenos e consistentes danos nos edifícios.

The historic seismic activity of the Alto Alentejo is characterized by large numbers of seismic events, of medium intensity, which can produce small and consistent damage to buildings.

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1755	VII
1858	VII
1917	VII
1926	VII
1969	VII

Principais sismos ocorridos no Norte Alentejano.
Major seismic events in the North Alentejo (LNEC, 1986)



Fig. 64 . Planta do Centro Histórico de Évora Urban Plan of Évora's Historical Centre

O Centro Histórico de Évora surge como estudo de caso, pelas evidências na prevenção sísmica, relativamente à utilização de elementos sismo-resistentes. O Centro Histórico de Évora está estruturado através de uma matriz de génese medieval. O seu núcleo intramuralhas apresenta tecido consolidado, com organização em quarteirões compactos, compostos por edifícios longos, dispostos de forma transversal. As fachadas nobres têm a particularidade de integrar, pontualmente, galerias de circulação nos pisos térreos, executadas em cantaria, articulando assim a totalidade do conjunto envolvente.

The Historic Centre of Evora was selected as a case study, because of the evidences of the use of seismic-resistant elements. The Historic Centre of Evora is structured through a matrix of medieval origins. The intramural core presents a consolidated fabric, organized in compact blocks, consisting of long buildings arranged in a transversal form. The main facades can integrate stone circulation arcades, on the ground floor, thus better reinforcing the block.

42



Fig. 65 . Reforço de cunhal, Praça do Giraldo, Évora Corner reinforcement, Giraldo Square, Évora

O recurso a outros elementos de reforço, como contra-arcos, contrafortes ou embasamentos salientes, reforça o desempenho estrutural, ao nível da totalidade do conjunto do quarteirão.

Évora apresenta edifícios de carácter urbano entre 3 e 4 pisos, de planta rectangular, estreita e alongada, dispostos transversalmente à parcela, com coberturas em sistema de duas águas. O piso térreo é claramente distinto dos restantes pisos.

The use of other reinforcing elements, such as counter-arches, buttresses or reinforced plinths, enhances the structural performance, at the level of the entire block.

Évora has buildings with an urban character of between 3 and 4 storeys, with rectangular floor plans, narrow and elongated. The buildings are positioned transversely and have gable roofs. The ground floor is clearly distinct from the upper floors.



Fig. 66 . Contra-arcos, Centro Histórico Counter-arches, Historical Centre



Fig. 67 . Contra-arcos, Centro Histórico Counter-arches, Historical Centre



Fig. 68 . Contra-arcos, Centro Histórico Counter-arches, Historical Centre



Fig. 69 . Fachada Sudoeste da Praça do Giraldo Southwest Façade of Giraldo Square

As fachadas nobres apresentam um alinhamento regular vertical na colocação dos vãos, que oscilam entre aberturas de sacada ou de peito, rasgando de forma significativa o plano de fachada. Nas restantes fachadas, os vãos são menores e de aplicação escassa e irregular. A compartimentação interna é variada e irregular, sendo que os compartimentos de maior dimensão encontram-se geralmente adjacentes à fachada principal.

The main facades present a vertical alignment in the placing of openings, ranging from French doors or windows to chest high casement windows, ripping significantly the facade plan. In the other facades, the openings are less frequent, smaller and are irregularly positioned. The inner partitioning is varied and irregular, and the larger compartments are generally adjacent to the main facade.

O piso inferior é constituído por alvenaria de pedra aparelhada e tectos abobadados, com reforço da secção das colunas de suporte exteriores, assemelhando-se a contrafortes. Os pisos superiores são executados em alvenaria de pedra, observando-se a inclusão pontual de paredes interiores, transversais à planta do edifício. A aplicação de esticadores surge com alguma frequência, sobretudo localizados ao nível dos pavimentos superiores e nos ângulos dos edifícios.

The lower floors are constructed in stone-cut masonry and vaulted ceiling, with a reinforced section of the exterior support columns, resembling buttresses. The upper floors are constructed in stone masonry, with the occasional inclusion of interior walls, transversal to the building plan. Tie-rods are frequently observed, usually located in the upper level floors and at the corners of buildings.



Fig. 70 . Contrafortes de reforço das arcadas, Praça do Giraldo, Évora Buttresses reinforcing the arcades, Giraldo Square, Évora



Fig. 71 . Reforço dos cunhais Corners reinforcement



44

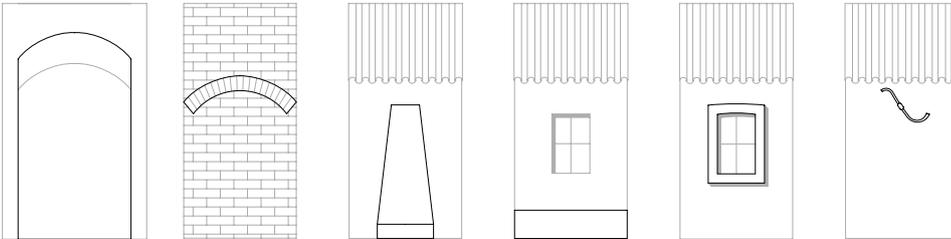


Fig. 32 . Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 72. Habitação em Beja House in Beja

CI-ESG

R4

Beja

Baixo Alentejo Lower Alentejo



Mapa de Portugal Portugal map

45

A sismicidade histórica do Baixo Alentejo pode ser caracterizada como frequente, mas de intensidade média (VI-VII MCS).

The historic seismic activity of the Baixo Alentejo can be characterized as frequent, but of medium intensity (VI-VII MCS).

Ano Year	Intensidade MCS MCS Intensity
1755	VII
1858	VI
1917	VII
1926	VII
1969	VI

Principais sismos ocorridos na Região Interior.
Major seismic events in the Alentejo interior. (LNEC, 1986)

Fileira
Ridge Beam

Telha de canal
'Canal' tile

Tijolo cozido
Fired brick

Argamassa de terra
Earth mortar

Taipa
Rammed Earth

CI-ESG

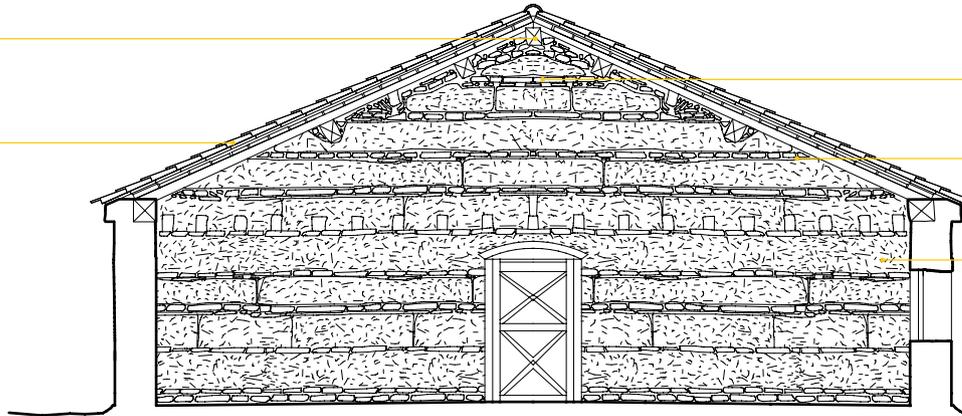


Fig. 73 . Corte de edifício em taipa reforçada, Beja Section of a building in reinforced Mammed-earth, Beja

Santo Brissos, Trindade, Baleizão e Serpa foram selecionados como estudos de caso, representando um enquadramento caracterizado pela regularidade de ocorrências de intensidade média. Tipologicamente, os estudos de caso referidos surgem associados a duas tipologias distintas: os montes alentejanos, oriundos da ocupação dispersa do território; e a habitação, característica dos núcleos urbanos definidos por estruturas compactas.

Santo Brissos, Trindade, Baleizão and Serpa were chosen as case studies. Representing a framework characterized by regularity of occurrences of average intensity.

Typologically, the chosen case studies elected to two distinct typologies are associated: the "Montes Alentejanos" arising from the dispersed occupation of the territory; and housing, characteristic of urban areas defined by compact structures.

46

Os Montes isolados caracterizam-se pela disseminação de aglomerados, de uma ou mais habitações, muito compartimentadas, com planta de configuração ortogonal e compacta. Estes edifícios apresentam cobertura de duas águas, poucos vãos, de pequenas dimensões e sem qualquer guarnecimento em pedra. Normalmente carecem de vidro e só apresentam portadas de madeira. A chaminé à face adquire um carácter secundário, esguia e alta, dotando os conjuntos com uma certa uniformidade.

The isolated 'Montes' characterized by the spread of clusters of one or more dwellings, are very compartmentalized, with orthogonal configuration and compact plan. These buildings have gabled roof, limited openings of small dimensions and have no stone trimmings. Normally, windows had lack of glass and only featured wooden shutters. The chimney on the face acquires a secondary character, slender and tall, providing the buildings with a strong uniformity.



Fig. 74 . Contrafortes Buttresses



Fig. 75 . Tirante Tie-rod



Fig. 76 . Tirante Tie-rod

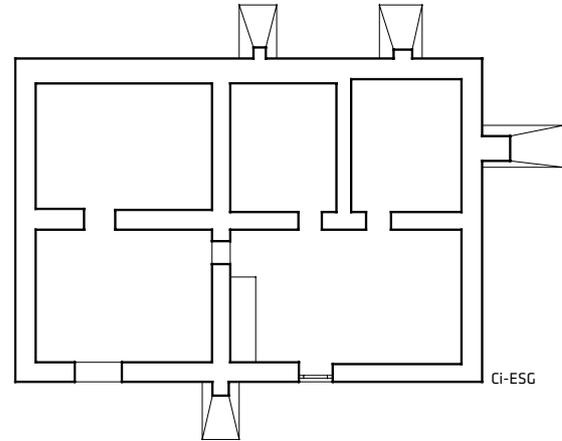
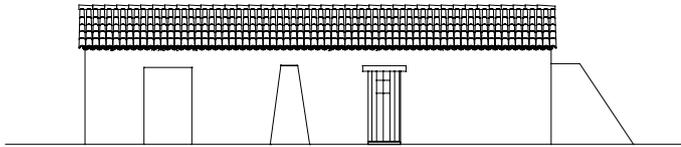


Fig. 77 . Planta e alçado principal de uma habitação em Serpa Plan and main elevation of a house in Serpa

O Baixo Alentejo é caracterizado pelo uso da taipa, a técnica de construção mais habitual das aldeias e dos montes, embora as alvenarias de pedra e adobe também tenham expressão. As paredes são cuidadosamente rebocadas e caiadas, com os socos e as cercaduras ressaltados a cor azul e ocre. As paredes exteriores, de ampla secção, servem de apoio à cobertura de duas águas, composta por telhas dispostas sobre um simples vigamento.

The Baixo Alentejo is characterised by the use of rammed earth, the most common construction technique of the villages and 'Montes', although stone masonry and adobe were also used. The walls are carefully plastered and lime washed. The base course of the wall (soco) and the surroundings of the openings are outlined in the colour blue or ochre. The wide exterior walls, serve to support a gable roof, consisting of tiles laid out on a simple framework.

As divisões interiores são, habitualmente, em tijolo e o pavimento em tijoleira ou em terra batida. As canas aparecem com alguma frequência no sul alentejano, justapostas, substituindo a ripa e o forro do telhado, constituindo uma rudimentar caixa-de-ar, conhecida como caniço. É habitual a colocação de contrafortes, normalmente em alvenaria de junta seca, como reforço estrutural das edificações.

Interior divisions are usually in brick and the flooring has tile or compressed earth. The use of reed cane appears frequently in the southern Alentejo; it replaces the roof lath and the roof lining, forming an air cavity. This system is known as "caniço". Usually, buttresses are built of dry stone masonry, as a structural reinforcement of the buildings.

47



Fig. 78 . Contrafortes alinhados Aligned buttresses



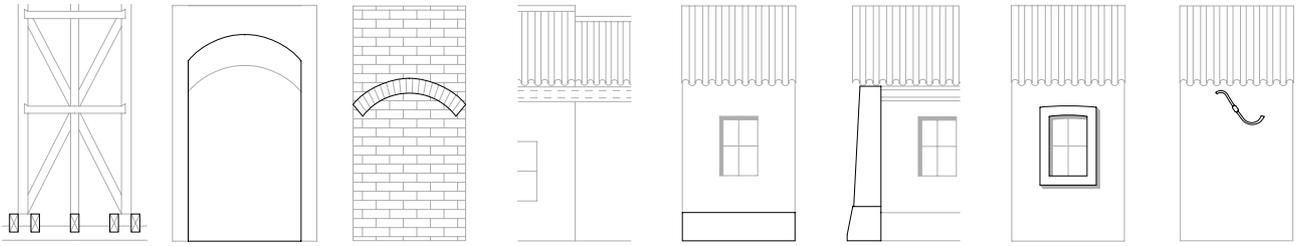
Fig. 79 . Vãos pequenos e regulares Small and regular openings



Fig. 80 . Contrafortes Buttresses



48



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 81 . Vista aérea de Vila Real de Santo António Aerial view of Vila Real de Santo António

F. Jorge

R5

Faro

Algarve

Algarve



Mapa de Portugal Portugal map

49

O Algarve é ilustrado por uma forte sismicidade histórica, com sismos que causaram elevados danos na estrutura edificada da região. Os terremotos de 1722 e 1755 afetaram gravemente a costa Algarvia, com intensidades elevadas (IX e X MCS).

Algarve is illustrated by a strong historic seismic activity with earthquakes that caused extensive damage in the building of the region. The earthquakes of 1722 and 1755 seriously affected the Algarve coast, with high intensities (IX and X MCS).

Ano Year	Intensidade MCS MCS intensity
1719	X
1722	IX-X
1755	IX-X
1856	VIII
1858	VI-VII
1969	VIII

Principais sismos ocorridos no Algarve.
Major seismic events in the Algarve. (LNEC, 1986)



Fig. 82 . Planta da área central Urban Plan of the central area

Vila Real de Santo António representa um dos contextos mais singulares da região algarvia, assumindo a localização da anterior povoação fronteiriça de Santo António de Arenilha, junto à margem do Guadiana, completamente arrasada pelo maremoto de 1755. A construção da nova vila, parte da implantação de um núcleo central configurado pela Casa do Risco das Obras Públicas.

Vila Real de Santo António is one of the most unique settings in the Algarve region. It is located on the site of the former border town of Santo António Arenilha, near the margin of the Guadiana River, which was completely devastated by the tsunami of 1755. The construction of the new village was part of the deployment of a central core, set up by the “Casa do Risco das Obras Públicas”.

50



Fig. 84 . Praça do Marquês de Pombal Pombal Marquis Square

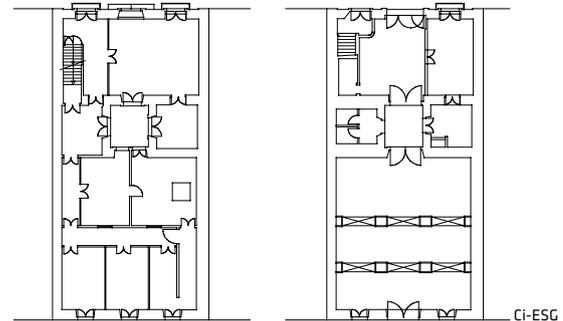


Fig. 83 . Plantas do edifício da Alfândega Plans of the Customs building

A vila constitui a aplicação direta do modelo urbano da baixa pombalina, adequado convenientemente à escala e aos recursos da região. A malha ortogonal é implementada paralelamente ao rio. Os quarteirões resultantes, de configuração compacta, são orientados no sentido Norte-Sul, dominados por frentes longitudinais de grande regularidade, apresentando cobertura e fachada de expressão unitária.

Os edifícios, seguem a aplicação do módulo pombalino, embora com redução substancial do número de pisos.

The village constitutes a direct application of the urban model of the ‘Baixa Pombalina’, adapted to the scale and resources of the region. The orthogonal grid is implemented parallel to the river. The resulting blocks with a compact configuration are oriented in a North-South direction, dominated by longitudinal fronts, and with roofing and facade uniformly expressed.

The buildings follow the implementation of the “Pombaline” module, although with substantial reduction of the number of floors.



Fig. 85 . Quarteirão com configuração compacta Urban block with compact configuration

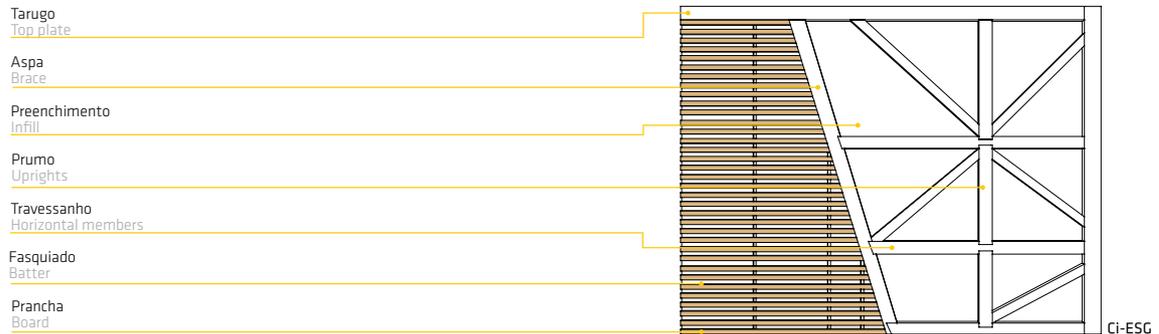


Fig. 86 . Estrutura interna das janelas de traapeiras Internal structure of a roof window

Os edifícios apresentam dois níveis, com aproveitamento significativo da cobertura, que pode variar entre soluções de quatro a seis águas. Apresentam plantas rectangulares ortogonais, com grande simetria e sistematização geométrica, que se expressa sobretudo na configuração das fachadas. A distinção vertical entre níveis é evidente, com reflexo na tipologia utilizada para a solução dos vãos, ao contrário do que sucede na delimitação horizontal, onde existe uniformização de tratamento, quer na organização interna, quer entre distintas unidades habitacionais.

The buildings have two levels, with more sophisticated roof systems. They have orthogonal floor plans with great symmetry and geometric systematization, which is expressed especially in the configuration of the facades. The vertical difference between levels is evident, reflecting the typology used for the solution of the openings, unlike what happens in the horizontal boundary, where there is uniformity of treatment, both in the internal organisation and between different housing units.

Parte significativa do edificado foi executada com recurso ao sistema construtivo 'pombalino', com significativa redução das secções dos esqueletos de madeira e das alvenarias de pedra correspondentes. O piso térreo, inteiramente executado em alvenaria de pedra, retoma a estratégia da execução de um soco estrutural, com recurso a um sistema de cobertura suportado por arcos. Os pisos superiores recorrem ao sistema de paredes de frontal, integrando, em vários casos, a aplicação sistematizada de tirantes metálicos na fachada, sobretudo na amarração dos pavimentos dos pisos superiores.

A significant part of the buildings used the "Pombaline" building system, with significant reduction of sections of the wooden cages and the corresponding stone masonry. The ground floor, entirely built in stone masonry resumes the strategy of using a structural base, using a roof system supported by arches. The upper floors use a frontal walls system, integrating, in several cases, the systematic application of metal tie-rods through the facade, principally to bind the floors of the upper levels.

51



Fig. 87 . Sistema "gaioleiro" "Cage" system



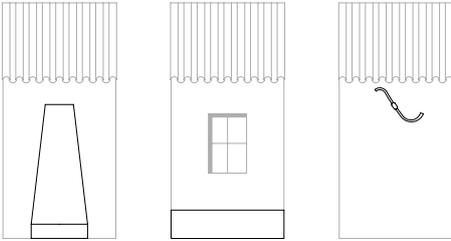
Fig. 88 . Fasquiado Lath



Fig. 89 . Arcos de alvenaria de tijolo Arches of brick masonry



52



Elementos de reforço identificados Identified reinforcement elements



Fig. 90 . Vista aérea de Angra do Heroísmo, Terceira Aerial view of Angra do Heroísmo, Terceira

F. Jorge

R6

Faial e Terceira

Açores Azores



Mapa de Portugal Portugal map

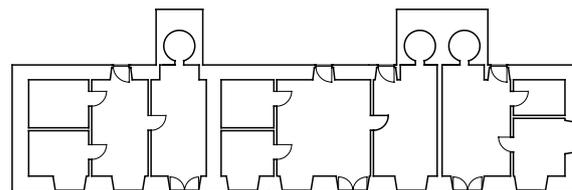
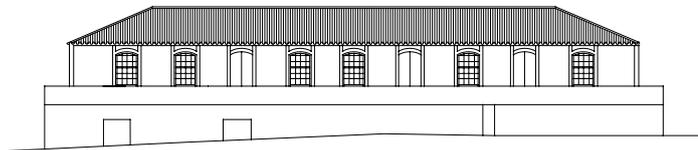
53

O arquipélago dos Açores encontra-se inserido num contexto de significativa e prolongada atividade vulcânica, caracterizado por sistemáticas crises sísmicas, o que lhe confere relevante sismicidade histórica. As ocorrências mais recentes revelam uma intensidade média-alta (VII-IX MCS).

Azores archipelago is located in a context of significant and prolonged volcanic activity, characterized by systematic seismic crises, which gives it a relevant historical seismicity. The most recent occurrences indicate a medium-high intensity (VII-IX MCS).

Ano Year	Localização Site	Intensidade MCS MCS Intensity
1614	Terceira	IX
1841	Terceira	IX
1973	Faial	VII-VIII
1980	Terceira	VIII-IX
1998	Faial	VIII-IX

Principais sismos ocorridos nos Açores.
Major seismic events in the Azores. (LNEC, 1986)



CI-ESG

Fig. 91. Planta e alçado principal de edifício linear, Terceira Plan and main elevation of a row building, Terceira

A arquitectura tradicional da Terceira e do Faial assenta maioritariamente em duas tipologias de habitação distintas: a casa linear e a casa integrada. A casa linear apresenta planta rectangular ou em L, disposta perpendicularmente à rua, articulando a habitação e os anexos agrícolas. A casa integrada surge como um bloco maciço, desenvolvido em altura, geralmente com dois pisos.

The traditional architecture of Terceira and Faial is based mainly in two different housing types: the linear and the integrated house. The linear house features a rectangular or L-shaped floor plan, arranged perpendicular to the street, linking housing and agricultural areas. The integrated house comes as a compact block, developed in height, usually with two floors.

54

Os edifícios tradicionais são geralmente realizados em alvenaria de pedra vulcânica, de aparelhagem elementar, podendo ter tratamento mais elaborado nos cunhais. As construções apresentam coberturas de duas a quatro águas, suportadas por asnas de madeira simples.

The traditional buildings are usually built in volcanic stone masonry, in an elementary system, and may have more elaborate treatment in the corners. The buildings have a gable and/or hipped roofs, supported by simple wooden beam trusses.



Fig. 92, 93 & 94. Ruínas do sismo de 1980, Terceira Ruins of the 1980's earthquake, Terceira

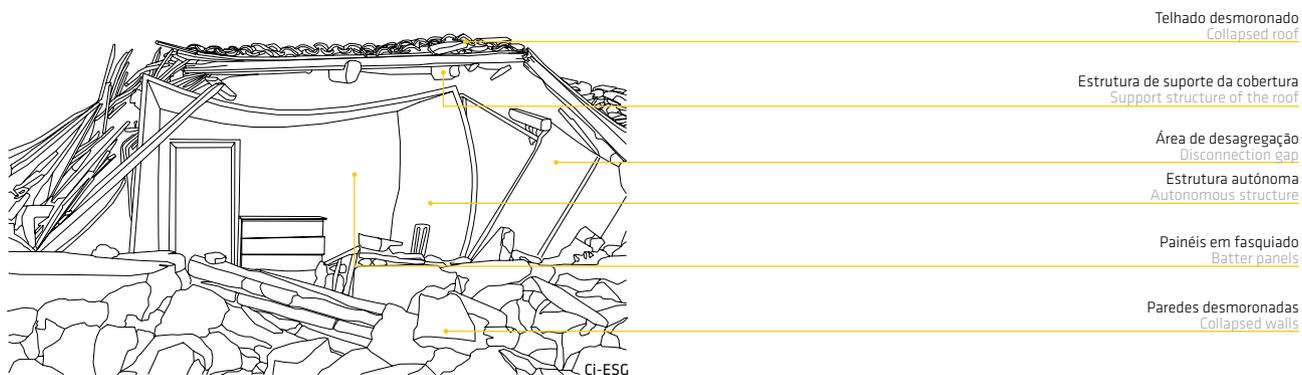


Fig. 95. Estrutura interna de madeira, Faial / Internal wooden structure, Faial

Apesar de não constituir uma manifestação de identificação regular, o sistema de forro do revestimento de algumas habitações parece constituir uma eficiente solução de redução de risco sísmico. Em alguns casos, foram testemunhados estruturas internas, executadas em painéis de madeira, que se despegam totalmente do seu suporte, sobrevivendo ao desmoronamento quase completo das paredes e coberturas.

Although not a regular identification manifestation, the lining system covering some houses appears to be an efficient seismic risk reduction solution. In some cases, it has been observed, internal structures built in wooden panels, which are completely detach of support, surviving the almost complete collapse of the walls and roofs.

Estas estruturas formavam assim caixas estruturais autónomas, com grande nível de flexibilidade, que parecem indicar a predisposição para minimizar os riscos do desabamento das estruturas de maior peso.

O embasamento saliente, constitui um das soluções mais expressivas, envolvendo por vezes a totalidade do perímetro das edificações, embora se manifeste de forma pontual nas povoações analisadas.

These 'cages' thus formed autonomous structural boxes, with a high degree of flexibility, which seem to indicate a predisposition to minimize the risk of collapse of the structures of greater weight.

The reinforced plinth is one of the most expressive solutions, sometimes surrounding the entire perimeter of the buildings. Although, this was observed sporadically in the analyzed villages.



Fig. 96. Amarração horizontal / Horizontal top reinforcement



Fig. 97. Embasamento saliente / Reinforced plinth course



Fig. 98. Reforço de cunhal / Reinforced corner



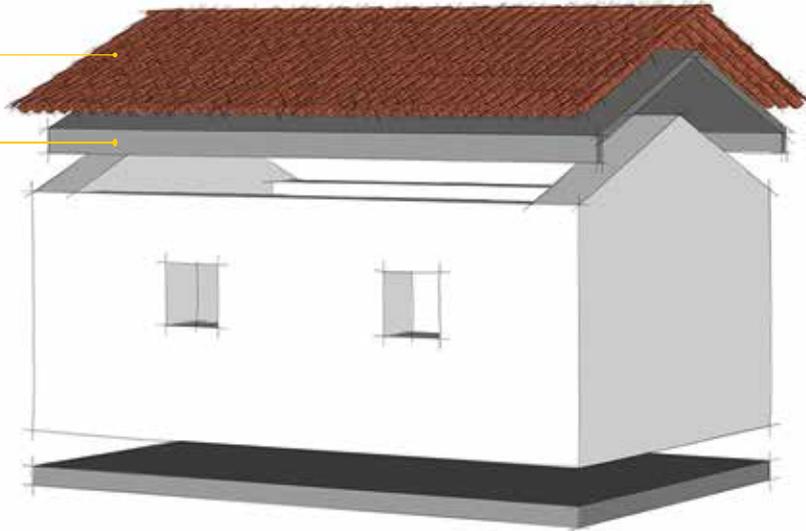


Fig. 99 . Edifício linear com muro de contenção e contrafortes, Terceira Row building with containment wall and buttresses, Terceira

Telha
Tiles

Betão
Concrete

Erro frequente
Recurrent error



Telha
Tiles

Madeiramento
Woodwork

Solução
Solution



Ci-ESG

Fig. 100 . Substituição dos sistemas de cobertura por soluções mais pesadas Substitution of the cover systems by solutions with increased weight

6

Erros frequentes: sistematização

Recurrent errors: systematization

A vulnerabilidade sísmica da arquitetura vernácula é em muitas situações agravada devido a alterações no sistema construtivo original, com implicações diretas no comportamento dos elementos estruturais e no desempenho sísmico.

A utilização de pisos e coberturas de peso elevado que resultam, por vezes, da substituição de asnas ou outros sistemas estruturais de madeira por lajes de betão armado, contribuem para o aumento significativo da massa total dos edifícios e para uma distribuição irregular de massa em altura. Estas opções resultam numa alteração das características de massa, rigidez e da capacidade de dissipação de energia dos edifícios.

The seismic vulnerability of vernacular architecture is often aggravated due to alterations in the original constructive system, which directly influences the structural elements' behaviour and the seismic performance.

The use of floors and roofs of high weight, sometimes resulting from the replacement of timber roofs by slabs of reinforced concrete, contributes significantly to the increase on the mass and to an irregular mass distribution in elevation. These alterations result in a change on the mass, stiffness and on the ability of the building to dissipate energy.

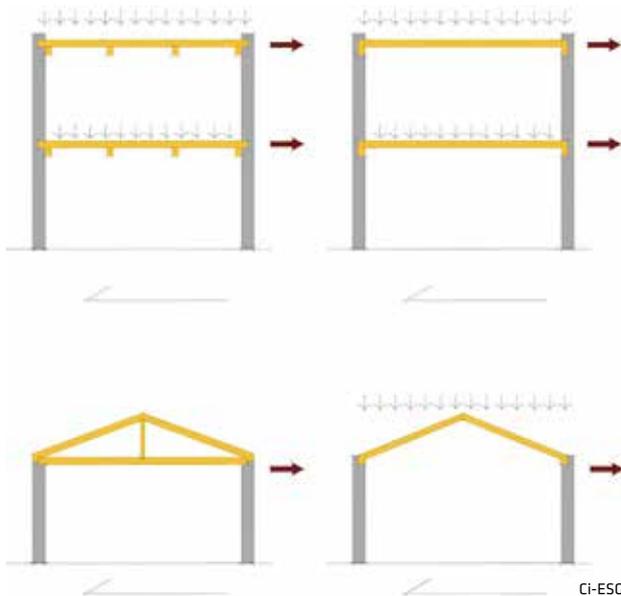


Fig. 101. Alteração do peso da cobertura Change of the roof load

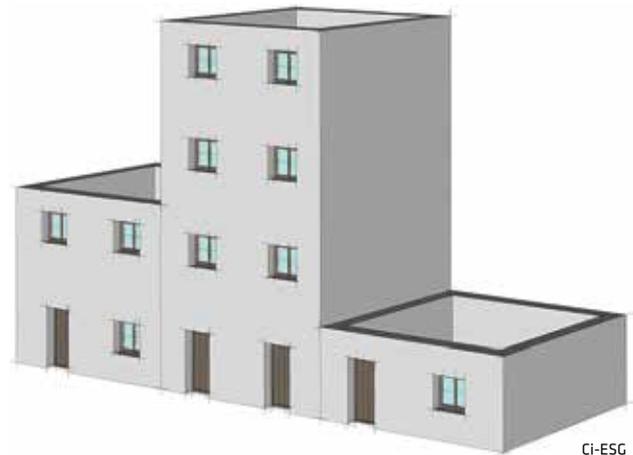


Fig. 102. Irregularidade na altura dos edifícios Irregularity of the buildings' heights

60

A irregularidade em altura traduz-se pelas diferenças no pé-direito, pelas alterações em altura do sistema estrutural, pela remoção de paredes, pelas alterações das fachadas através do aumento das dimensões das aberturas em diferentes níveis, principalmente ao nível do piso térreo. A irregularidade construtiva em altura tem como efeito a distribuição irregular da rigidez e/ou massa, que poderá levar a uma concentração de esforços ou a exigências de deformação num determinado piso.

The irregularity in elevation is due to the differences in indoor height, the changes in height of the structural system, the demolition of walls, the changes in the facades through the changes in the size of the openings at distinct floor levels, but mainly at the first floor. The constructive irregularity in elevation results in the irregular stiffness distribution, which can be associated with the concentration of forces or deformation demand in a certain floor.

A irregularidade em planta está associada às irregularidades na geometria do sistema estrutural, existência de aberturas com uma distribuição não simétrica, e remoção de paredes. A irregularidade construtiva em planta tem como efeito a distribuição irregular da rigidez, que poderá levar ao desenvolvimento de movimentos de torção global e por isso a um comportamento inadequado durante a ocorrência de sismos.

The irregularity in plan is associated with the irregularities in the geometry of the structural system, in the existence of asymmetric openings, and the demolition of walls. The constructive irregularity in plan induces an irregular distribution of stiffness, which is associated with the development of torsional effects, and thus to an inadequate seismic behaviour.

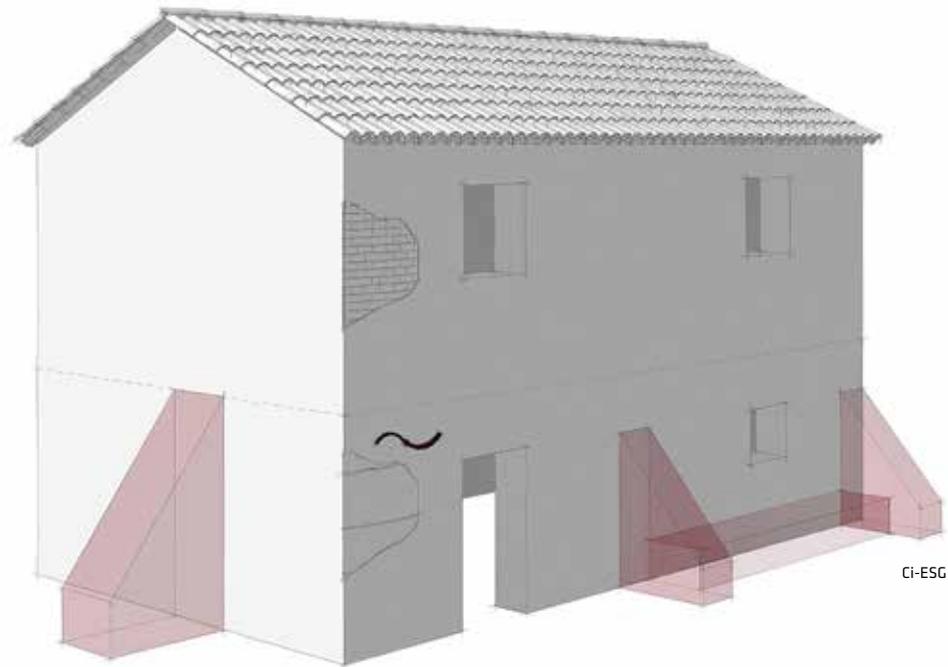
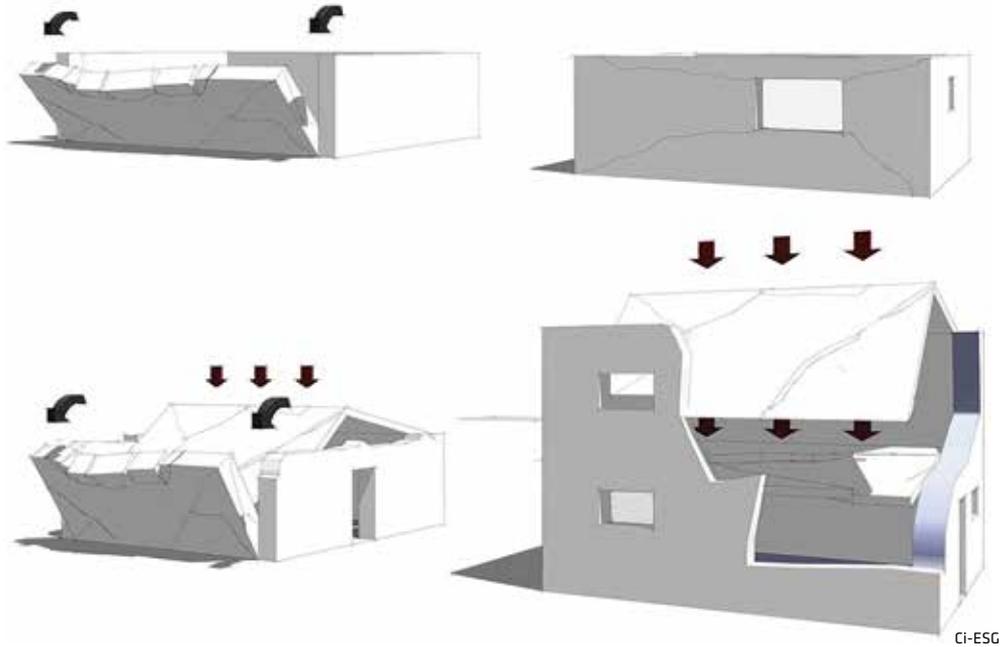


Fig. 103 . A remoção de elementos fragilizam a construção original Removing elements weakens the original construction against earthquakes

A remoção de elementos estruturais singulares, como contrafortes, tirantes e o acrescento de novos pisos são outros exemplos de alterações que afetam significativamente o comportamento sísmico dos edifícios existentes.

Por outro lado, a ligação inadequada entre os elementos estruturais, nomeadamente na interseção de paredes e entre as paredes e os pisos/cobertura podem reduzir significativamente a resistência sísmica dos edifícios, nomeadamente em termos da resistência das suas paredes, para solicitações fora do plano.

The demolitions of single structural elements, such as buttresses, tie-rods, as well as the addition of new floors are other examples of alterations that decisively influence the seismic behavior of existing buildings. On the other hand, the inadequate connection between structural elements, namely between intersecting walls, and between walls, floors and roofs' intersections may reduce significantly the resistance of a building to seismic actions, mostly in what their walls out-of-plane stiffness is concerned.



Danos mais comuns e suas causas:

- 62
- a) Colapso para fora do plano das fachadas, devido à fraca ligação às paredes transversais e às estruturas horizontais (pavimentos e cobertura); ou à fraca resistência do sistema construtivo das paredes.
 - b) Fissuração das paredes, devido à limitada capacidade resistente destas às ações horizontais no seu plano, decorrentes da qualidade do material, da degradação geral ou da dimensão excessiva dos vãos.
 - c) Colapso da cobertura causado pela deformação ou ruptura do seu suporte, como consequência da fraca ligação desta às paredes exteriores ou ao seu peso excessivo.
 - d) Colapso dos pavimentos. Os pisos superiores podem desmoronar devido à degradação da sua estrutura de suporte ou devido à fraca ligação desta com as paredes exteriores.
-

Fig. 104 . Danos mais comuns Most common damages

Most common damages and its causes:

- a) Out-of-plane collapse of exterior walls due to poor connection to the perpendicular walls and to the horizontal structural systems (floors and roof); or due to the masonry poor quality
 - b) Severe in-plane cracking of the walls due to poor shear capacity to resist to horizontal in-plane demands, as a consequence of poor masonry quality, degradation, or large openings.
 - c) Roof collapse due to the collapse of its supports, due to poor connection with the exterior walls, or due to its heavy mass.
 - d) Floors collapse. Upper floors may collapse due to the degradation of their support structure, or due to a weak connection with the exterior walls.
-

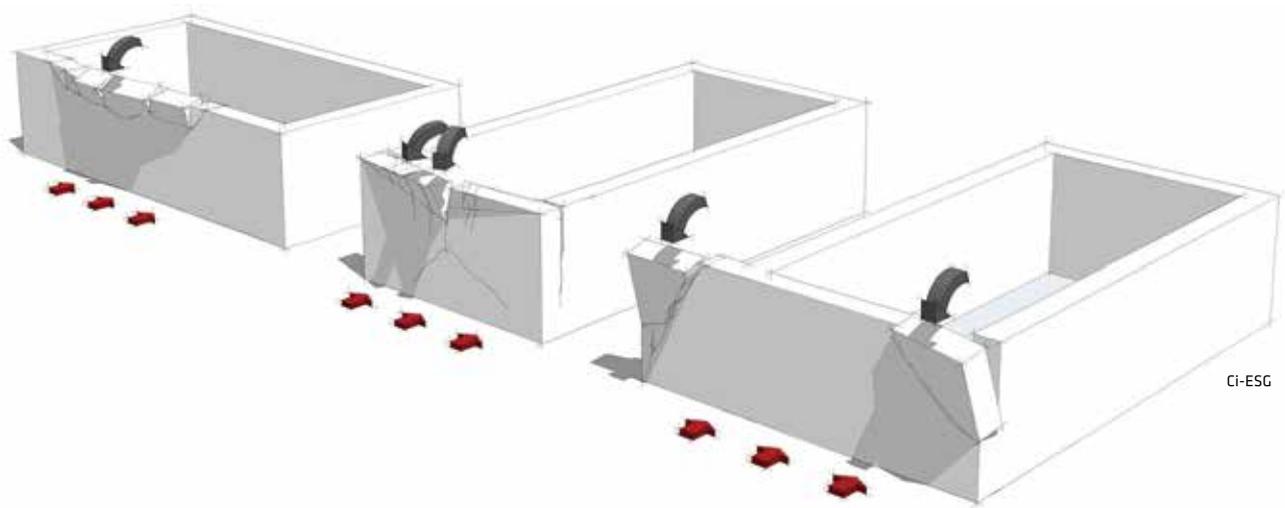
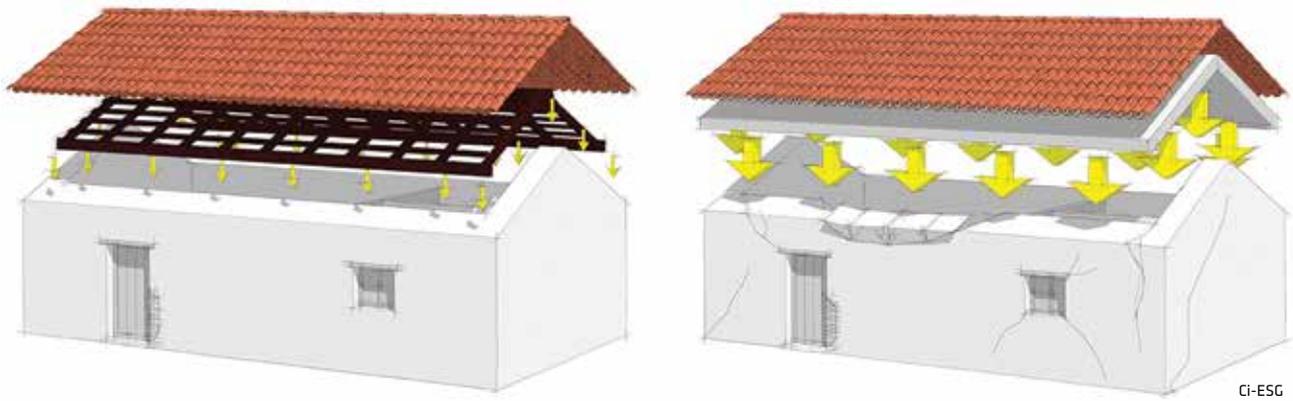


Fig. 105 . Principais modos de colapso das paredes para fora do seu plano Main type of wall collapse out-of-plane

Erros comuns Common errors

64



CI-ESG

Fig. 106 . Alteração de cobertura ligeira em madeiramento, por cobertura em betão, com peso excessivo Change of a light roof in woodwork, by a heavy load roof in concrete

1. Aberturas próximas dos cunhais dos edifícios
Proximity of the openings to the building corners
2. Irregularidade na distribuição das aberturas
Irregularity on the openings distribution
3. Fraco ou reduzido apoio nos lintéis das aberturas
Poor or short support in the opening lintels
4. Dimensões excessivas das aberturas
Excessive opening dimensions

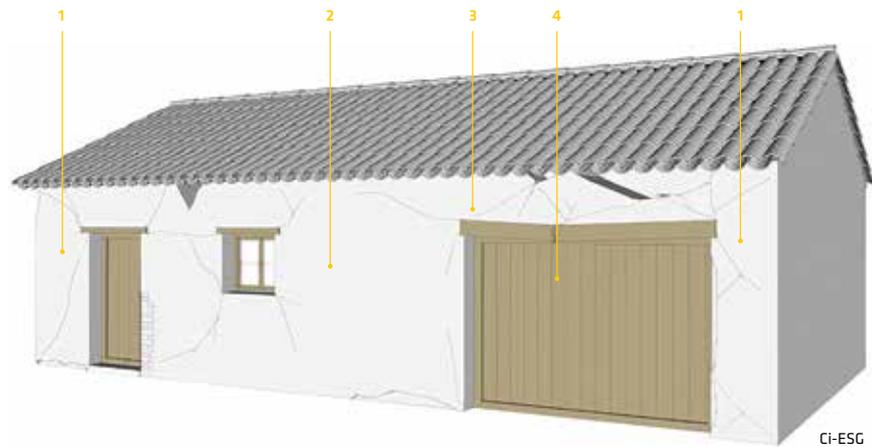


Fig. 107 . Erros comuns associados à dimensão e posição das aberturas Common errors associated to the size and position of the openings

1. Irregularidade na distribuição das aberturas
Irregularity on the opening distribution
2. Falta de amarração entre paredes
Lack of ties between walls
3. Má qualidade do material - falta de boa compactação da taipa
Low quality of material - lack of good compression of the rammed earth

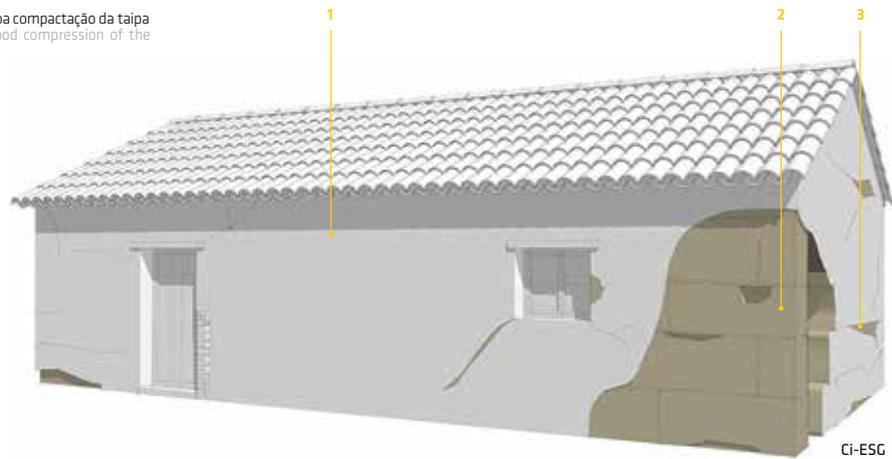
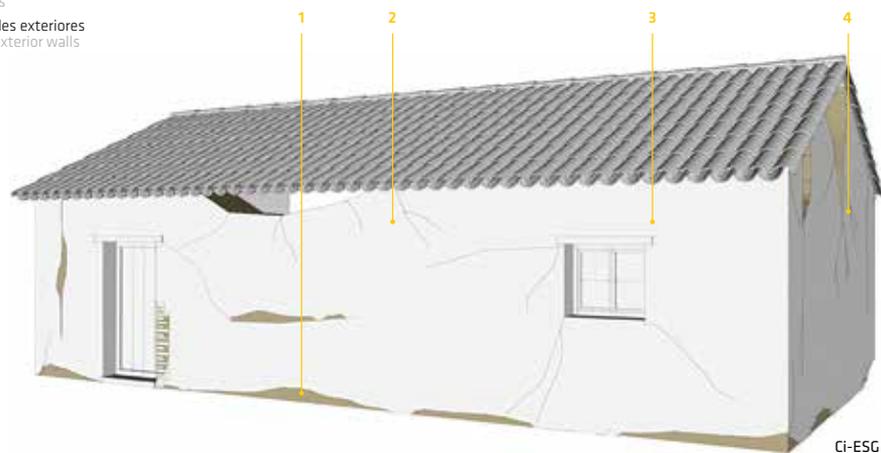


Fig. 108 . Erros comuns na concepção e construção Common errors in the project design and construction

1. Não tem embasamento nem fundações
No plinth nor foundations
2. Paredes demasiado longas sem reforço
Too long walls without reinforcement
3. Fraco ou reduzido apoio nos lintéis das aberturas
Poor or short support in the opening lintels
4. Falta de resistência horizontal entre paredes exteriores
Lack of horizontal strength between the exterior walls



Ci-ESG

Fig. 109 . Erros comuns na conceção e desenho Common errors in the project design and construction



Fig. 110 . Habitação vernácula alentejana Vernacular house in Alentejo

68

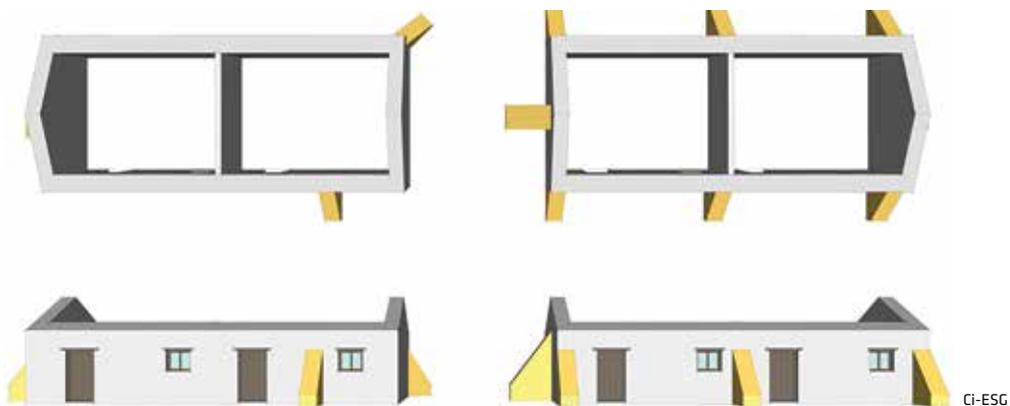


Fig. 111 . Distribuição irregular/regular dos elementos de reforço Irregular/ regular use of the reinforcement elements

7

Mitigação da vulnerabilidade sísmica: recomendações **Mitigation of the seismic vulnerability: recommendations**

A vulnerabilidade sísmica da arquitetura vernácula pode ser reduzida através da aplicação de soluções de reforço, tradicionais ou mais inovadoras, económicas e de fácil implementação.

Os contrafortes são um dos elementos de reforço mais frequente, o seu objectivo é impedir a rotação de fachadas para fora do plano. Os contrafortes são geralmente executados em alvenaria de pedra com argamassa de cal, sendo que também foram identificados alguns exemplos em alvenaria de tijolo maciço.

The seismic vulnerability of vernacular architecture may be mitigated through traditional or more innovative strengthening measures, which are economical and of easy integration.

Buttresses are the most common strengthening element found. Its main purpose is to avoid the out-of-plane rotation of the façade. These elements are usually built in stone masonry with lime mortar, though some examples of these elements built in massive brick were also found.

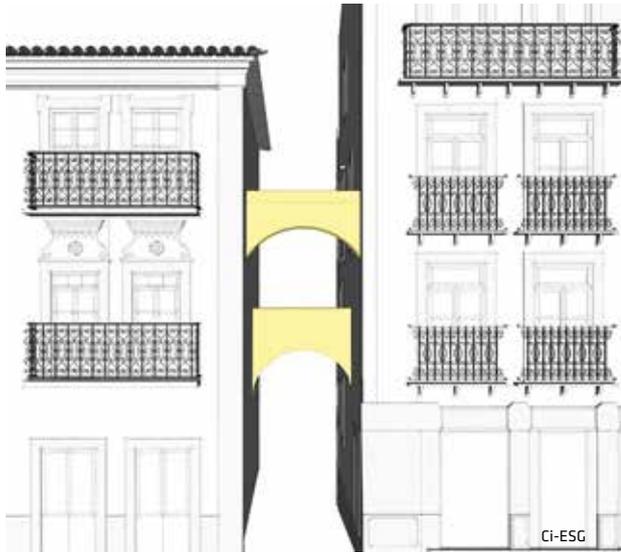


Fig. 112 . Contra-arcos de reforço em Évora Reinforcement counter-arches in Évora

70

O uso de contra-arcos pode melhorar o comportamento dos edifícios face à ação sísmica no caso de edifícios inseridos numa malha urbana, quando a distância entre edifícios é relativamente pequena. Esta medida traduz-se no contraventamento de fachadas que pode inibir roturas destas para fora do plano.

O uso de tirantes é outra técnica de reforço, que contribui para a estabilização dos elementos estruturais e melhoria do comportamento dos edifícios.

The use of counter-arches can be a strengthening option in buildings set in urban environment, when the distance between buildings is relatively small. This helps stiffening the facades, preventing their out-of-plane collapse.

The use of tie-rods is another strengthening solution for the stabilization of the different structural elements and the enhancement of the building's performance.



Fig. 113 . Reforço de parede mediante a aplicação de uma malha Reinforcement of walls with a grid

A melhoria do comportamento sísmico de edifícios pode passar pelo reforço dos elementos estruturais, nomeadamente das paredes. O reforço de paredes pode ser realizado através da aplicação de reboco armado com diferentes tipos de malhas de reforço, nomeadamente malhas poliméricas.

The improvement on the seismic behaviour of the buildings can be achieved by the strengthening of the structural elements, namely the walls. The strengthening of walls is accomplished through the application of reinforced plaster of different reinforcement meshes, namely polymeric meshes.

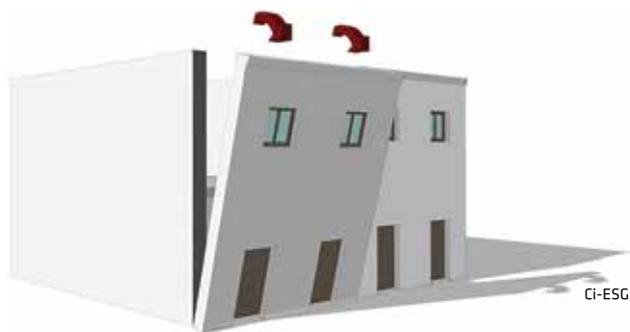


Fig. 114 . Falha de coesão entre paredes perpendiculares Improper connection between perpendicular walls

A fraca ligação entre os elementos estruturais contribui para a vulnerabilidade sísmica dos edifícios. Uma medida de redução da vulnerabilidade consiste na reposição das ligações entre paredes e entre paredes e pavimentos/coberturas, através de tirantes metálicos e/ou outros elementos metálicos como cantoneiras. Adicionalmente, o aumento de rigidez dos pavimentos (efeito de diafragma), conseguido pela melhor ligação entre os seus elementos constituintes e pela aplicação de reforços no plano do pavimento, poderá melhorar o comportamento sísmico dos edifícios.



Fig. 115 . Sistema de travamento perimetral Perimeter locking system

The weak connection between the structural elements adds to the seismic vulnerability of the buildings. It is simple to reduce the seismic vulnerability by the recovery of the connections between walls, between walls, floors and roofs' intersections, through the application of metallic tethers and other metallic devices, such as angle brackets. Additionally, the increase on the stiffness of the floors (effect of diaphragms), achieved by the better connection between the elements and by strengthening the floors, will improve the global seismic behaviour of the buildings.

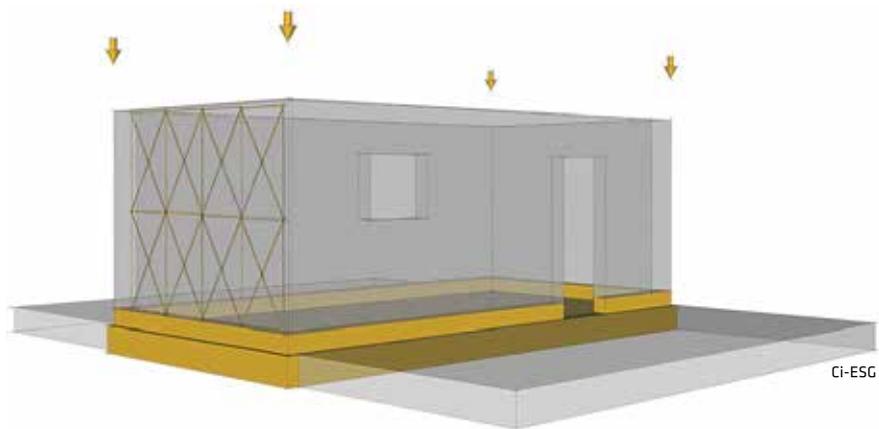


Fig. 116 . Ações preventivas Preventive actions

Principais acções preventivas:

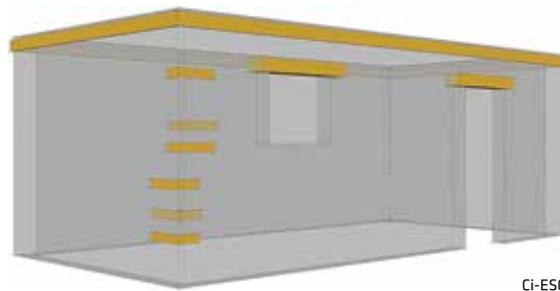
72 O desempenho estrutural dos edifícios depende, necessariamente, da qualidade geral dos materiais e do sistema construtivo utilizado. As ligações entre elementos e as propriedades dos seus constituintes devem ser adequadas.

1. Efetuar fundações com resistência e estabilidade adequadas, assegurando uma distribuição eficiente das cargas verticais permanentes e uma resposta adequada às exigências, devido às ações laterais induzidas pelos sismos.
 2. Assegurar uma ligação adequada entre as paredes e a base do edifício.
 3. Aplicar medidas para melhorar a coesão geral do sistema construtivo das paredes, contribuindo para uma melhor ligação entre os elementos de alvenaria e melhorando a ligação entre paredes.
-

Main preventive actions:

The structural performance of buildings depends necessarily on the overall quality of materials and construction system used. The connections between components/ elements and the properties of its constituents must be adequate

1. To build resistant and stable foundations, ensuring an efficient distribution of the permanent vertical loads, and an appropriate response to the demands originated by the lateral forces of earthquakes.
 2. To ensure a cohesive connection between the walls and the building's base.
 3. To increase the overall cohesion of the constructive system of the walls, contributing to the internal linkage of courses, corners, and the strength between walls..
-



CI-ESG

Fig. 117. Ações preventivas Preventive actions

73

4. Aplicar soluções que incrementem a coesão da interseção de paredes distintas, quer seja entre paredes internas e externas, quer entre paredes exteriores, através da consolidação dos cunhais.

5. Promover a conexão das paredes exteriores, incrementado a resistência complanar das fachadas. Solução aplicada no remate superior das paredes ou ao nível dos pavimentos.

6. Assegurar o suporte e o remate adequado dos vãos das aberturas. A dimensão e o carácter das ligações do lintel, aos elementos verticais adjacentes, devem ser eficientes.

4. To apply solutions that enhance the intersection cohesion of distinct walls, either between internal and external walls, or between exterior walls, through the consolidation of the corners.

5. To promote the connection of the outer walls by increasing the in-plane resistance of the façades. This solution can be applied at the upper part of the walls, or at the floors level.

6. To ensure the support and the proper trimming of the openings spans. The size and nature of the lintel connection to the adjacent vertical members must be wide enough.

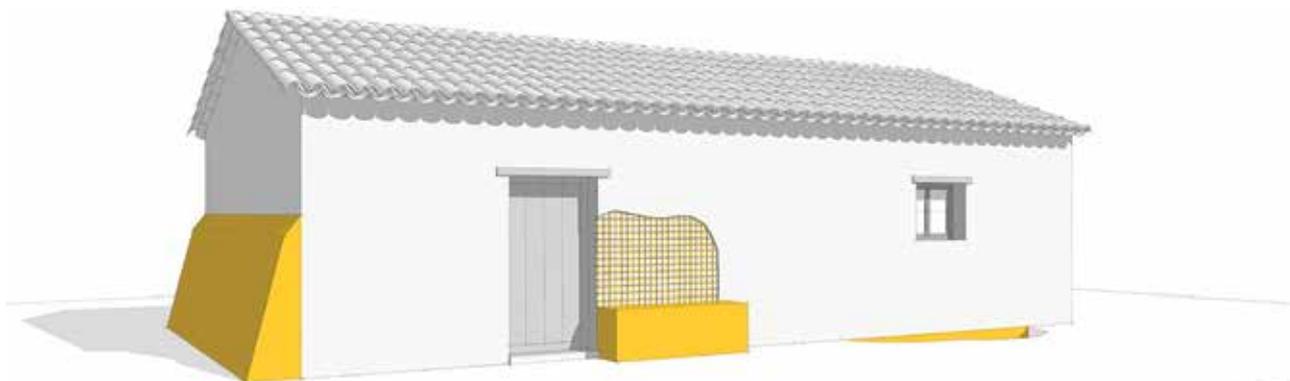


Fig. 118 . Principais ações reativas / Main reactive actions

CI-ESG

Principais ações reativas:

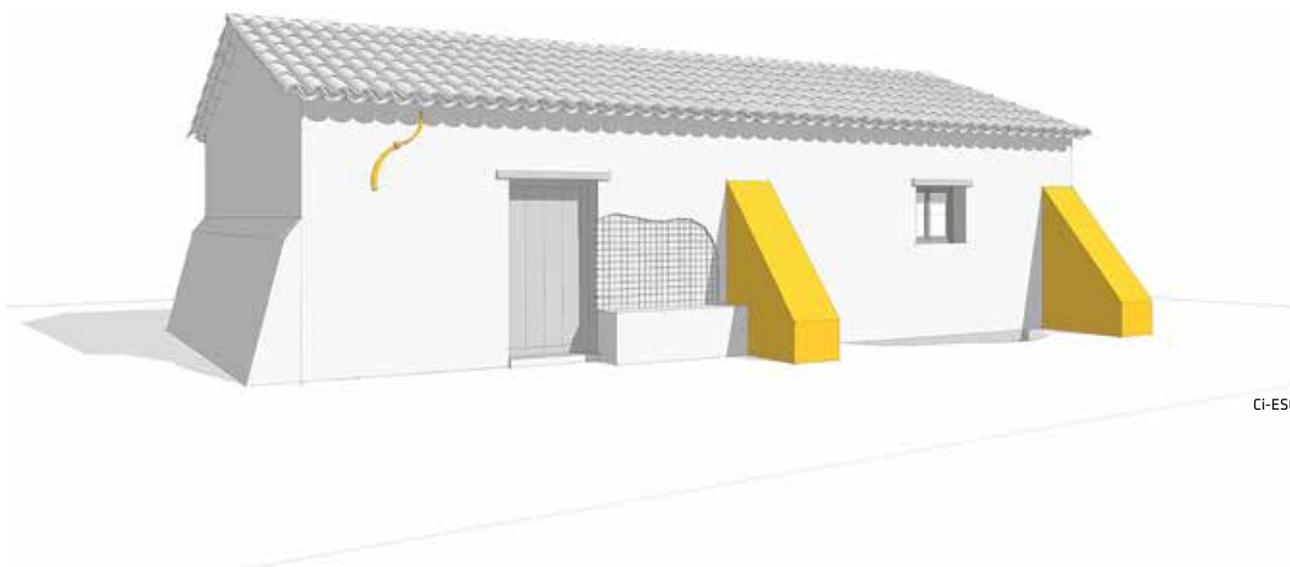
74 As medidas reativas são essencialmente respostas diretas de correção ou redução dos efeitos induzidos pelos sismos, que visam a melhoria do desempenho estrutural, singular ou articulado, das componentes do edifício.

1. Consolidação ou alargamento das fundações, ou sua edificação, quando estas não existam.
2. Execução de um embasamento saliente ou de um poial, aplicado na base exterior das paredes das fachadas.
3. Reforço estrutural dos sistemas construtivos das paredes, a partir da integração de reforço, que passam pelo envolvimento exterior, melhorando a resistência e o comportamento em tração (geomalhas, ráfias, etc.)

Main reactive actions:

Reactive measures are essentially direct responses to correct, or to reduce, the impact caused by earthquakes, based on structural, isolated or articulated performance of building components.

1. Strengthening or extension of foundations, or their construction, when they are missing.
2. Construction of a reinforced plinth course or stone bench at the outer base of the walls.
3. Structural reinforcement of the building systems of the walls, by integrating connection solutions, usually improving the resistance and the traction behaviour (through geo-mesh, raffia fibres, etc.).



CI-ESG

Fig. 119 . Principais ações reativas / Main reactive actions

4. Colocação estratégica de elementos maciços nas fachadas, contrafortes ou gigantes, em áreas estruturalmente mais vulneráveis ou sujeitas a maiores solicitações, que contrariem deformações para fora do plano.
5. Colocação de elementos lineares, tirantes ou esticadores, de ligação entre fachadas opostas, contrariando os eventuais movimentos para fora do plano das paredes. São geralmente aplicados ao nível do remate com a cobertura ou ao nível dos pavimentos.

4. Strategic integration of massive elements on the facades, on the buttresses, in areas structurally more vulnerable, or prone to greater pressure efforts, therefore contradicting out-of-plane deformation.
5. Introduction of linear elements, tethers or tie-rods, linking opposite façades and performing against any out-of-plane effort. They are usually applied at the trim level with the coverage, or at the floor level.

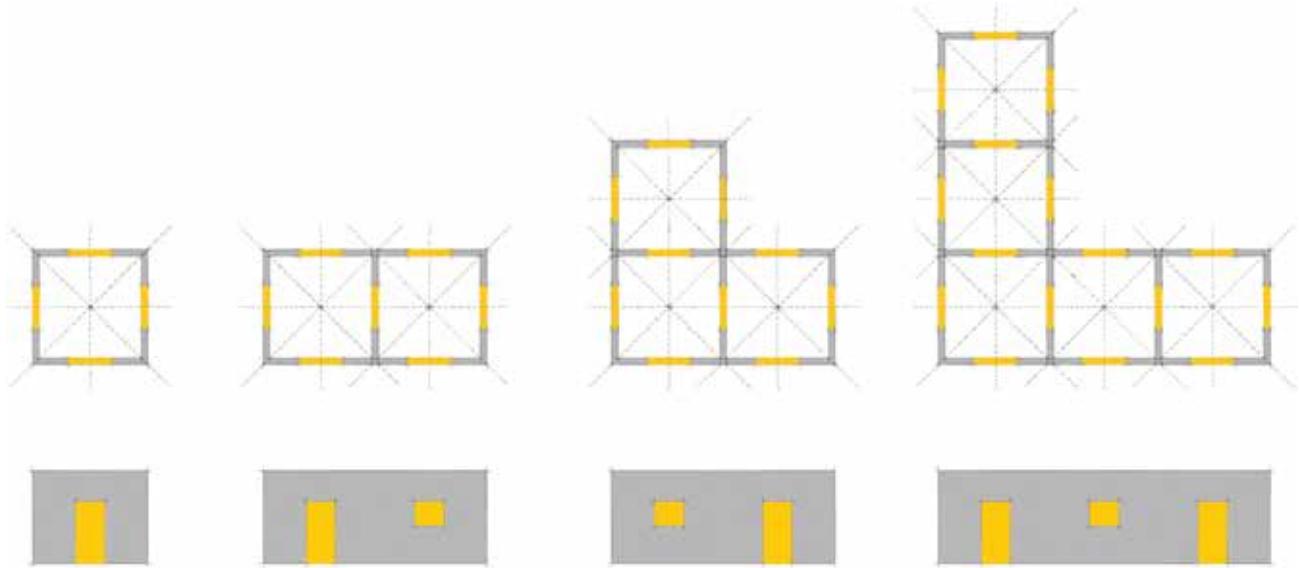


Fig. 120 . Critérios de planeamento em desenho Planning criteria in the project design

CI-ESG

Critérios de planeamento:

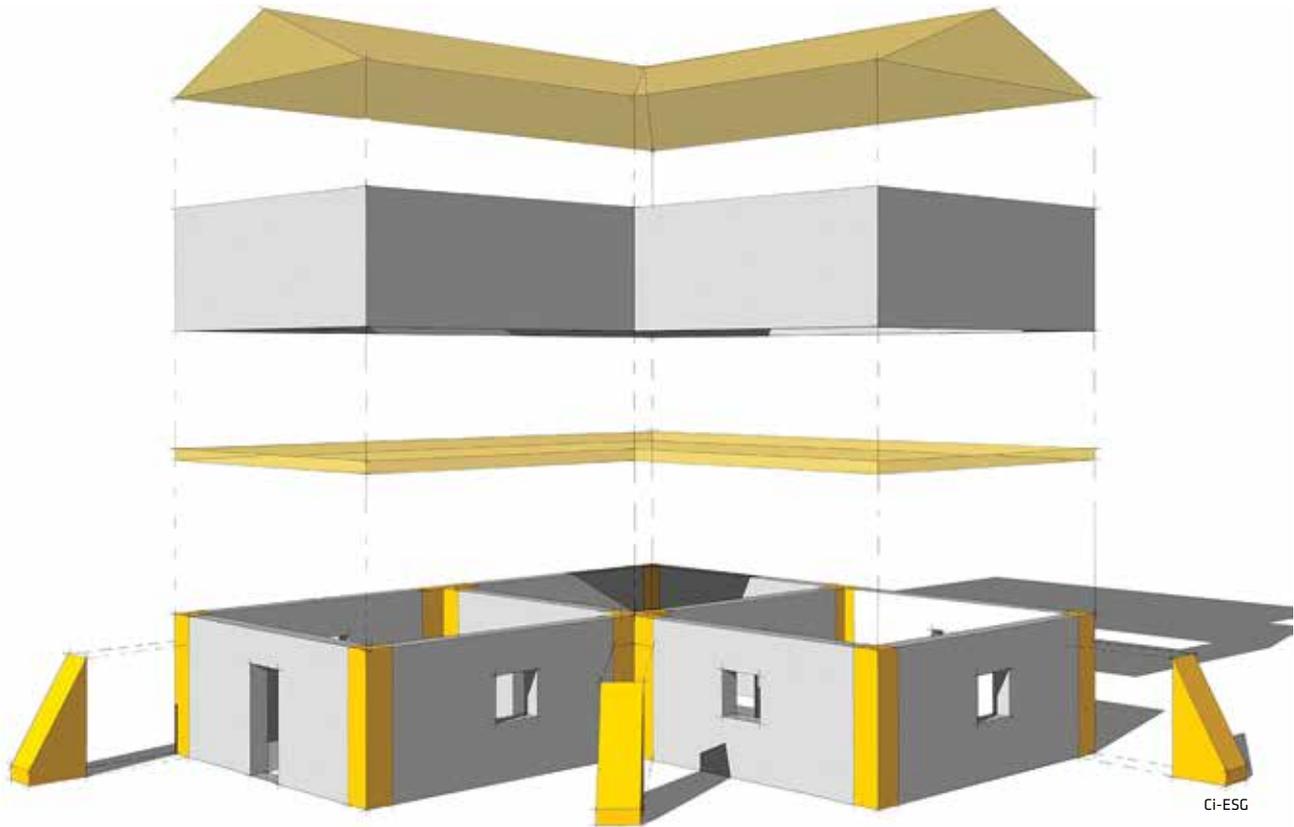
Os processos relacionados com a seleção dos materiais devem ser criteriosos, de forma a assegurar que as propriedades intrínsecas sejam preservadas, na sua aplicação e manutenção. O domínio técnico da solução empregue, deve ser assegurado de forma a não comprometer o desempenho da solução aplicada na construção.

1. Planta regular: A configuração da geometria em planta dos edifícios deve ser regular, promovendo uma distribuição equilibrada das exigências de peso, nos elementos verticais.
2. Cércea regular: Conferir alinhamentos de remate superior, de forma a evitar diferenças entre edifícios contíguos, que potenciem zonas de concentração de exigências de deformação e tensão.
3. Vãos adequados: Os vãos devem ter dimensões adequadas, evitando a concentração de elevados esforços.
4. Localização adequada dos vãos: A abertura de vãos junto aos cunhais do edifício deve ser evitada, de forma a não fragilizar estas áreas devido a concentração de esforços.

Planning criteria:

The selection of the materials should be addressed with criteria, in order to ensure that their intrinsic properties are preserved during application and maintenance. The technical knowledge of the designed solution, should be ensured, so as not to compromise the performance of the solution applied in construction.

1. Regular Plan: The configuration of the plan geometry should be regular, contributing for an even distribution of loads on the vertical elements.
2. Equal elevations: To promote top trim alignments, in order to avoid differences between adjoining buildings, which enhance areas with concentration of deformity and tension demands.
3. Appropriate spans: The openings should have appropriate dimensions, thus preventing the concentration of high compressive stress.
4. Suitable location of the openings: The opening of spans next to the building corners should be avoided, in order to prevent a weak point in the areas of higher concentration of compressive stress.



CI-ESG

Fig. 121 . Critérios de construção Construction criteria

5. Conexões eficientes: A correta união entre distintos componentes, sujeitos a esforços estruturais elevados, deve ser garantida e melhorada.

6. Sistemas complementares: Áreas ou pontos de maior vulnerabilidade estrutural devem integrar, de forma sistematizada, outros elementos de maior resistência.

7. Coberturas apropriadas: O sistema de suporte e revestimentos das coberturas deve ser leve e ter uma resistência adequada. Cargas e solicitações excessivas nos elementos verticais de suporte devem ser evitadas.

5. Efficient connections: The right connection between the components under high structural efforts should be ensured and improved.

6. Complementary systems: Areas or parts of greater structural vulnerability should integrate systematically other elements of higher resistance.

7. Appropriate roof system: The support system and the finishing systems of the roofs should be light and have an adequate strength. The overloading of the vertical bearing elements should be minimized.

-
- Aguiar, J. (1990). A reabilitação de edifícios habitacionais. Critérios e metodologias de intervenção. Lisboa: LNEC
- Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e Tecnologias de Intervenção. 1ª Ed. Lisboa: Edições Orion.
- Barros, R., Varum, H., Rodrigues, H., Correia, M., Vasconcelos, G. & Lourenço, P.B. (2015). Seismic Behaviour of Portuguese Rammed Earth Buildings. In Silva Gomes, J.F. & Meguid, S.A. (eds). Conference: 6th International Conference on MECHANICS AND MATERIALS IN DESIGN. Ponta Delgada, Azores, Portugal.
- Cóias, V. (2007). Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos: Técnicas pouco Intrusivas. 2ª Ed. Lisboa: Argumentum.
- Correia, M. (2005). Metodología desarrollada para la Identificación en Portugal de la Arquitectura Local Sismo-Resistente. In SismoAdobe2005: Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas. Lima: PUCP.
- Correia, M., Carlos, G., Rocha, S., Lourenço, P. B., Vasconcelos, G. & Varum, H. (2014). 'Vernacular Seismic Culture in Portugal'. In Correia, M., Carlos, G.D. & Sousa, S. (eds). Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Contributions for Sustainable Development. London, UK: CRC / Balkema / Taylor & Francis group, p.663-668.
- Correia, M., Duarte Carlos, G., Viana, D. & Gomes, F. (2015). 'Vernacular seismic culture in Portugal: On-going research'. In Mileto, Vegas, García & Cristini (eds). Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future. London, UK: CRC / Balkema / Taylor & Francis group, p.217-223.
- Correia, M. & Merten, J. (2001). Report of the Local Seismic Culture in Portugal. In Taversism Project - Atlas of Local Seismic Cultures. Ravello: EUCCCH - European University Centre for Cultural Heritage.
- Correia, M., Lourenço, P. B. & Varum, H. (eds) (2015). Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture. London, UK: CRC / Balkema / Taylor & Francis group.
- Duarte Carlos, G., Correia, M., Leite Viana, D. & Gomes, F. (2015). 'Vernacular morphology as a preventive solution of local seismic culture'. In Mileto, Vegas, García & Cristini (eds). Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future. London, UK: CRC / Balkema / Taylor & Francis group, p.267-272.
- Ferrigni, F. (ed.) (1990). S. Lorenzello, à la recherche des anomalies qui protègent. Conseil de l'Europe; Court-St-Étienne: Centre Universitaire Européen pour les Biens Culturels.
- Ferrigni, F. (1995). Recovering local seismic techniques in preparedness activities, in Disasters preparedness and management. Ankara: Public Works Ministry.
- Fonseca, J. D. (2008). 1755 O Terramoto de Lisboa. Lisboa: Argumentum.
- Garnier, Ph., Moles, O., Caimi, A., Gandreau, D. & Hofmann, M. (2011). Aléas Naturels, Catastrophes et Développement Local. Grenoble: CRAterre Editions.
- GECORPA (2000). 'Sismos e Património Arquitectónico - Quando a terra voltar a tremer'. In Revista Pedra & Cal; n°8; Out./Nov./Dez. 2000.
-

Bibliografia Bibliography

Gomes, F., Correia, M., Duarte Carlos, G. & Viana, D. (2015). 'Local Seismic Culture in Portugal: Melides dwellings, a reactive approach case study'. In Mileto, Vegas, García & Cristini (eds). Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future. London, UK: CRC / Balkema / Taylor & Francis group, p.339-342.

LNEC (1982). Construção Anti-Sísmica: Edifícios de Pequeno Porte. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LNEC (1986). A Sismicidade Histórica e a Revisão do Catálogo Sísmico. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Lopes dos Santos, V. (1994). O Sistema Construtivo Pom-balino em Lisboa: em Edifícios urbanos Agrupados de Habitação Colectiva—Estudo de um Legado Humanista da Segunda Metade do Séc. XVIII. Phd thesis. Lisboa, Portugal: FAUTL.

Mascarenhas, J. (2009). Sistemas de Construção – V: O Edifício de rendimento da baixa pombalina de Lisboa. Técnicas de Construção. 3ªEd. Lisboa, Portugal: Livros Horizonte.

Moreira, V. J. S. (1991). Sismicidade Histórica em Portugal Continental. In Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa, Portugal: IPMG, pp.29-63.

Ortega, J., Vasconcelos, G., Correia, M., Rodrigues, H., Lourenço, P.B. & Varum, H. (2015). Evaluation of Seismic Vulnerability Assessment Parameters for Portuguese Vernacular Constructions with Nonlinear Numerical Analysis. Conference: COMPDYN 2015 - Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering. Crete, Greece.

Vargas Neumann, J. (1983). Earthquakes and Adobe Structures. In Adobe: International Symposium and Training Workshop on the Conservation of Adobe. Final Report and Major Papers, organizers UNDP- UNESCO, and ICCROM. Lima, Peru: Regional Project on Cultural Heritage and Development, p.69-75

Edições da Argumentum / Escola Superior Gallaecia



Edições da Argumentum

