



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PORTO

Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação
MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITETURA

MÉTODOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS NA
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

“READAPTAÇÃO DA ESCOLA do Edifício da
Universidade Lusófona”

Dissertação apresentada em provas públicas para a obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura sob a orientação da prof.^a Doutora Lígia Paula Simões Esteves Nunes Pereira
Da Silva e sob coorientação do Professor Arquiteto João Carlos Martins Lopes dos Santos.

Ana Catarina Silva Lopes
Porto, 2025



U N I V E R S I D A D E
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PORTO

Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação
MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITETURA

MÉTODOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

“READAPTAÇÃO DA ESCOLA do Edifício da Universidade Lusófona”

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto no dia 5 de fevereiro de 2025, perante o júri, nomeado pela Despacho de Nomeação nº 1064/2024, de 25 de novembro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Pedro Cândido Almeida D'Eça Ramalho

Argumente: Professor Doutor António Sérgio Koch de Araújo e Silva

Orientadora: Professora Doutora Lúcia Paula Simões Esteves Nunes Pereira Da Silva

Ana Catarina Silva Lopes
Porto, 2025

AGRADECIMENTOS

Ao meu coorientador, professor João dos Santos, pelas sugestões e conselhos dados ao longo do ano.

À minha família, principal apoio no percurso académico. Aos meus pais, pela dedicação, paciência e incentivo que passavam todos os dias.

Aos meus amigos.

Obrigada.

RESUMO

A reabilitação de edifícios é um processo complexo que envolve a escolha cuidadosa dos métodos e sistemas construtivos adequados. É essencial que a escolha seja baseada numa abordagem integrada e colaborativa, envolvendo diferentes especialistas, para garantir uma reabilitação bem-sucedida e sustentável do edifício.

Muitas vezes, os edifícios a serem reabilitados possuem valor histórico cultural e patrimonial significativo, o que significa que os métodos e sistemas utilizados devem ser cuidadosamente selecionados para garantir que o património seja preservado.

A reabilitação de edifícios pode ser um processo caro, e os sistemas escolhidos devem ser economicamente viáveis a longo prazo.

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo investigar e analisar alguns dos métodos e sistemas construtivos utilizados na reabilitação de edifícios antigos. O estudo procura compreender as abordagens adotadas na recuperação de estruturas antigas, considerando as necessidades atuais de preservação do património, eficiência energética e sustentabilidade. Além disso, o projeto desenvolvido em contexto académico para a Universidade Lusófona do Porto (ULP) é uma referência de um edifício antigo que visa identificar os desafios e as oportunidades relacionadas à aplicação desses métodos e sistemas na reabilitação arquitetónica.

Trata-se de uma abordagem seletiva onde se exemplificam alguns dos métodos e sistemas mais usados na reabilitação de edifícios com características construtivas e época de construção idênticas ao projeto da ULP, incidindo sobre os principais elementos constituintes nomeadamente, fundações, pavimentos, paredes e coberturas. Não se pretende enunciar todas as soluções que são passíveis de implementação num determinado caso, mas abordar aquelas que são mais comuns na reabilitação de edifícios antigos.

Palavras Chaves:

Sistemas construtivos, Reabilitação, Materiais.

ABSTRACT

The building rehabilitation is a complex process that involves the careful choice of appropriate construction methods and systems. It is essential that the choice is based on an integrated and collaborative approach, involving different specialists, to guarantee a successful and sustainable rehabilitation of the building.

The buildings to be rehabilitated often have significant historical cultural and heritage value, which means that the methods and systems used must be carefully selected to ensure that the heritage is preserved.

Building rehabilitation can be an expensive process, and the systems chosen must be economically viable in the long term.

This master's thesis aims to investigate and analyze some of the construction systems used in the rehabilitation of old buildings. The study seeks to understand the approaches adopted in the recovery of old structures, considering the current needs for heritage preservation, energy efficiency and sustainability. Furthermore, the use of ULP (Universidade Lusófona do Porto) as a reference for an old building aims to identify the challenges and opportunities related to the application of these methods and systems in architectural rehabilitation.

This is a selective approach that illustrates some of the most used methods and systems in the rehabilitation of buildings with construction characteristics and construction period identical to the ULP project, focusing on the main constituent elements, namely foundations, floors, walls and roofs. The aim is not to list all the solutions that can be implemented in a given case, but to address those that are most common in the rehabilitation of old buildings.

Keywords:

Construction systems, Rehabilitation, materials.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	1
1.2. ESTRUTURA DE CONTEÚDOS.....	2
1.3. JUSTIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO.....	3
1.4. ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
CAPÍTULO 2. SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS	8
2.1. FUNDAÇÕES	8
2.1.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES.....	8
2.1.2. ANOMALIAS NAS FUNDAÇÕES.....	10
2.2. PAVIMENTOS TÉRREOS E SUPERIORES	10
2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	10
2.2.2. ANOMALIAS NOS PAVIMENTOS TÉRREOS E SUPERIORES.....	10
2.3. PAREDES EXTERIORES E INTERIORES	12
2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS PAREDES.....	12
2.3.2. ANOMALIAS NAS PAREDES EXTERIORES E INTERIORES.....	13
2.4. COBERTURAS	14
2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS.....	14
2.4.2. ANOMALIAS NAS COBERTURAS	15
CAPÍTULO 3. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	16
3.1. FUNDAÇÕES	16
3.1.1. SISTEMA DE INJEÇÃO DE COMPACTAÇÃO.....	16
3.1.2. CONSOLIDAÇÃO DO MATERIAL DE FUNDAÇÕES ATRAVÉS DE INJEÇÃO.....	17
3.1.3. ALARGAMENTO DAS FUNDAÇÕES E RECALÇAMENTO.....	17
3.1.4. REFORÇO DE FUNDAÇÕES COM MICROESTACAS.....	18
3.2. PAVIMENTOS	20
3.2.1. TÉCNICA DE REFORÇO COM ELEMENTOS DE MADEIRA.....	20
3.2.2. TÉCNICA DE REFORÇO COM ELEMENTOS METÁLICOS.....	21

3.2.3. TÉCNICA DE REFORÇO COM INJEÇÃO DE RESINAS EPÓXIDAS.....	22
3.2.4. RECONSTRUÇÃO DE TROÇOS DE VIGAS/ PROTESES DE MADEIRA	23
3.3. PAREDES EXTERIORES E INTERIORES.....	24
3.3.1. TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO DE ALVENARIAS ATRAVÉS DE INJEÇÃO.....	24
3.3.2. TÉCNICA DE RECONSTRUÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA.....	25
3.3.3. REFECAMENTO DE JUNTAS.....	25
3.3.4. BARREIRAS QUÍMICAS CONTRA A HUMIDADE.....	26
3.3.5. REBOCOS ARMADOS.....	27
3.3.6. TIRANTES.....	28
3.3.7. TABIQUES.....	29
3.4. COBERTURAS.....	30
3.4.1. REFORÇO DE ELEMENTOS DE MADEIRA POR APLICAÇÃO DE EMPALMES.....	30
3.4.2. REFORÇO DE ELEMENTOS DE MADEIRA ATRAVÉS DE APLICAÇÃO DE RESINAS EPÓXIDAS.....	31
3.4.3. REFORÇO COM ELEMENTOS METÁLICOS.....	31
3.4.4. APLICAÇÃO DE TIRANTES METÁLICOS.....	32
CAPÍTULO 4. CASOS DE ESTUDO.....	33
MERCADO DO BOLHÃO, PORTO.....	33
4.1. ANOMALIAS.....	34
4.2. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS.....	37
IGREJA E TORRE DOS CLÉRIGOS, PORTO	39
4.3. ANOMALIAS.....	40
4.4. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS.....	42
CAPÍTULO 5. UNIVERSIDADE LUSÓFONA DO PORTO	44
5.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS/ TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO.....	45
CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
6.1. CONCLUSÃO.....	49
BIBLIOGRAFIA	50

1 Introdução

1.1. Objetivos e Metodologia

A dissertação “Métodos e Sistemas Construtivos na Reabilitação de Edifícios Antigos”, Reabilitação do Edifício da ULP, tem com objetivo avaliar os diferentes métodos construtivos adequados para a reabilitação de edifícios antigos, tendo em consideração a preservação do património arquitetónico. Tratando-se de edifícios antigos, com sistemas construtivos tradicionais, estes edifícios, se não tiverem uma manutenção adequada, apresentam invariavelmente várias patologias e anomalias que conduz à sua degradação progressiva.

I. Seleção bibliográfica sobre o tema em estudo, levando em consideração a preservação do património histórico e cultural;

II. Análise de casos de estudo de reabilitação de edifícios antigos, avaliando os métodos e sistemas construtivos utilizados e sua eficácia;

III. Avaliar as anomalias nas fundações, pavimentos, paredes e coberturas.

IV. Avaliar os métodos e sistemas construtivos eficazes na reabilitação de fundações, pavimentos, paredes e coberturas de edifícios antigos.

1.2. Estrutura de Conteúdos

A dissertação “Métodos e Sistemas Construtivos na Reabilitação de Edifícios Antigos”, Reabilitação do Edifício da ULP, está dividida em 6 capítulos, estando organizada conforme a seguinte descrição:

O capítulo 1 expressa os seus objetivos para o tema em estudo, a estrutura de conteúdos e a justificação e enquadramento do tema.

O capítulo 2 expõe as várias características e anomalias dos sistemas construtivos em edifícios antigos nas fundações, pavimentos, paredes e coberturas.

No capítulo 3 descrevo as principais técnicas de reabilitação nas fundações, pavimentos, paredes e coberturas.

No capítulo 4 descrevo dois casos de estudo, o Mercado do Bolhão e a Torre e Igreja dos Clérigos abordando a intervenção que sofreram a nível das metodologias e técnicas construtivas na reabilitação.

No capítulo 5 faço uma contextualização histórica sobre a Universidade Lusófona do Porto e em seguida apresento algumas propostas de reabilitação para o edifício que fazem parte do meu projeto de reabilitação.

Por fim, as considerações finais e a bibliografia no capítulo 6.

1.3. Justificação e Enquadramento

A reabilitação de edifícios é um tema importante para a sociedade contemporânea, considerando o crescimento urbano nos últimos anos e a necessidade de se preservar o património construído. Nesse sentido, a escolha dos métodos e sistemas construtivos aplicados à reabilitação é essencial para alcance da eficácia, durabilidade e sustentabilidade das intervenções, tendo sempre em conta o respeito, e a preservação das características originais do edifício. A reabilitação de edifícios é fundamental para a preservação do património construído, incluindo os que tem valor histórico e cultural, ou seja, valor patrimonial ou aqueles que podemos designar de património construído corrente. Além disso, a reabilitação possibilita ainda oportunidades e melhoria da eficiência energética, redução do consumo de recursos naturais e minimização do impacto ambiental. Nesse sentido, é recomendável utilizar métodos de construção sustentáveis, tais como materiais com pouco impacto ambiental e isolamento térmico. A reabilitação de edifícios também abrange a viabilidade económica, isto é, que as intervenções de reabilitação sejam economicamente sustentáveis a longo prazo, o que inclui os custos de manutenção e funcionamento do edifício reabilitado. Consequentemente, a reabilitação de edifícios evoluiu significativamente com as recentes tecnologias e materiais que oferecem novas possibilidades.

Dessa forma, o tema em estudo tem como fundamento a importância de preservar o património edificado, com valor patrimonial, garantir a sustentabilidade ambiental, considerar a viabilidade económica e aproveitar as inovações tecnológicas aplicadas às componentes das edificações (fundações, pavimentos, paredes e coberturas) que considere serem as mais relevantes para preservar a sua integridade. Ao abordar esses aspetos de maneira integrada, é possível realizar intervenções eficazes e adequadas que contribuem para a valorização e a revitalização do ambiente construído.

1.4. Índice de Figuras

Figura 1: Esquema de fundações diretas

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 2: Esquema de fundações indiretas I Estacaria em madeira

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 3: Técnica do sistema de injeção de compactação

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 4: Consolidação de fundações, Igreja de Caminha

Fonte: Foto de João dos Santos

Figura 5: Consolidação de fundações, Igreja de Caminha

Fonte: Foto de João dos Santos

Figura 6: Reforço das fundações por alargamento

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 7: Reforço das fundações por alargamento

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 8: Reforço das fundações por alargamento

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 9: Reforço das fundações por alargamento

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 10: Máquina perfuradora

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 11: Perfis de micro estacas

Fonte: Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Figura 12: Esquema de reforço de fundações por estacas

Fonte: https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano5/seminario/trabalhos/RRF_DESACTIVADO_PO_R_ALVARO_AZEVEDO/Trabalho/Solucoes/Profundas/Ref%20de%20Fun%20Pro/reforco_d_e_fundacoes_profundas.htm

Figura 13: Esquema de reforço de fundações por estacas

Fonte: https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano5/seminario/trabalhos/RRF_DESACTIVADO_PO_R_ALVARO_AZEVEDO/Trabalho/Solucoes/Profundas/Ref%20de%20Fun%20Pro/reforco_d_e_fundacoes_profundas.htm

Figura 14: Esquema de introdução de novas vigas de madeira

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 15: Reforço do pavimento com novas vigas de madeira

Fonte: Foto de Ferreira Alves

Figura 16: Técnica de reforço com elementos metálicos

Fonte: <https://informacoeseservicos.lisboa.pt/reforco-sismico/guia-de-boas-praticas/pavimentos/reparacao-e-reforco>

Figura 17: Técnica de reforço com elementos metálicos

Fonte: <https://informacoeseservicos.lisboa.pt/reforco-sismico/guia-de-boas-praticas/pavimentos/reparacao-e-reforco>

Figura 18: Esquema de reparação de vigas usando resinas epóxicas

Fonte:

http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Estruturas/Madeira/Reparacoes/EMY230_Reparacao_de_cabeca_de_vigota_de_ma.html

Figura 19: Reparação de vigas usando próteses de madeira

Fonte: Foto de Ferreira Alves

Figura 20: Reparação de vigas usando próteses de madeira

Fonte: Foto de Ferreira Alves

Figura 21: Técnica de injeção de resina em paredes de alvenaria

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 22: Reconstrução de alvenaria

Fonte: Foto de João Carlos dos Santos

Figura 23: Refechamento de juntas em alvenaria de pedra

Fonte: Foto de João Carlos dos Santos

Figura 24: Barreira química contra humidade

Fonte: <https://www.azichem.com/prodotto/consilex-barrier-a/>

Figura 25: Esquema da fixação da malha do reboco armado

Fonte: Vital Rodrigues, Jorge Miguel. **Principais Técnicas de Consolidação e Reforços de Paredes de Edifícios Antigos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Reabilitação de Edifícios, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Outubro 2010

Figura 26: Rebocos armados em paredes exteriores

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 27: Rebocos armados em paredes exteriores

Fonte: Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Figura 28: Paredes interiores com cruces de Santo André

Fonte: Nicolau Gomes, Rafael. **Sistema Estrutural de Edifícios Antigos de Lisboa- Os Edifícios “Pombalinos” e os Edifícios “Gaioleiros”**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro 2011

Figura 29: Paredes interiores com tabiques

Fonte: Nicolau Gomes, Rafael. **Sistema Estrutural de Edifícios Antigos de Lisboa- Os Edifícios “Pombalinos” e os Edifícios “Gaioleiros”**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro 2011

Figura 30: Reforço da cobertura com a aplicação de resinas epóxicas

Fonte: Reforço de vigas de madeira com laminado de carbono pré-esforçados. Reabilitação de Estruturas de Madeira. Pedra&Cal, Ano VII- Nº 29 Janeiro 2006

Figura 31: Mercado do Bolhão

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 32: Corrosão nas armaduras do betão

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 33: Corrosão nas armaduras do betão

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 34: Humidade nas paredes de alvenaria de pedra

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 35: Fissuras em alvenaria de pedra

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 36: Degradação da madeira nas coberturas

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 37: Degradação da madeira nas coberturas

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 38: Proteção passivante

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 39: Proteção passivante

Fonte: Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.

Figura 40: Torre e Igreja dos Clérigos, Porto

Fonte: <https://ncultura.pt/torre-dos-clerigos-a-historia-e-todos-os-segredos/>

Figura 41: Degradação nos pavimentos de madeira

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 42: Reabilitação do pavimento de madeira

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 43: Pormenor da parede de tabique em contacto com o pavimento

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 44: Parede interior em tabiques

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 45: Parede exterior em alvenaria de pedra

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 46: Paredes de alvenaria de pedra

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 47: Vista da Universidade Lusófona do Porto

Fonte:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Porto,_Domingos_Alvão_83_\(9289452175\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Porto,_Domingos_Alvão_83_(9289452175).jpg)

Figura 48: Pavimento do piso superior (ULP)

Fonte: José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Figura 49: Paredes interiores

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 50: Humidade na parede interior

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 51: Cobertura

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 52: Cobertura

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 53: Parede exterior

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Figura 54: Parede exterior

Fonte: Foto de Catarina Lopes

Sistemas Construtivos de Edifícios Antigos

2.1. Fundações

2.1.1. Caracterização das fundações

As fundações são elementos fundamentais na construção dos edifícios antigos, sendo responsáveis por transmitir as cargas da estrutura para o solo de forma segura e estável. Em edifícios antigos, é comum encontrar diferentes tipos de fundações, incluindo as fundações diretas, semidirectas e indirectas.

- Fundações diretas: As fundações diretas, também conhecidas como superficiais, são aquelas em que a carga é transmitida diretamente para camadas mais firmes do solo, geralmente encontradas próximas à superfície. Essas fundações são adequadas para solos com boa capacidade de suportes.

- Fundações semidirectas: As fundações semidirectas, combinam características das fundações diretas e indirectas. Essas fundações são constituídas por uma placa de betão armado que se estende por toda a área de construção, transmitindo as cargas diretamente para o solo. Sendo esta técnica mais usada em edifícios mais recentes.

- Fundações indirectas: As fundações indirectas são utilizadas quando o solo de não apresenta capacidade adequada para suportar as cargas da estrutura, exigindo que a carga seja transmitida para camadas mais profundas do solo. Alguns exemplos de fundações indirectas são as estacas de madeira usadas com frequência na construção de edifícios na baixa pombalina em Lisboa.

Resumidamente, as fundações diretas e indirectas são técnicas utilizadas em edifícios mais antigos com a finalidade de garantir a estabilidade e a segurança estrutural, considerando as características do solo e as cargas aplicadas. A escolha do tipo de fundação adequada depende das condições do solo, da estrutura do edifício e das exigências técnicas do projeto. Quando o tipo de fundação adotado não é o mais adequado podem surgir patologias estruturais graves que podem comprometer a estabilidade das construções e pôr em risco a sua integridade.

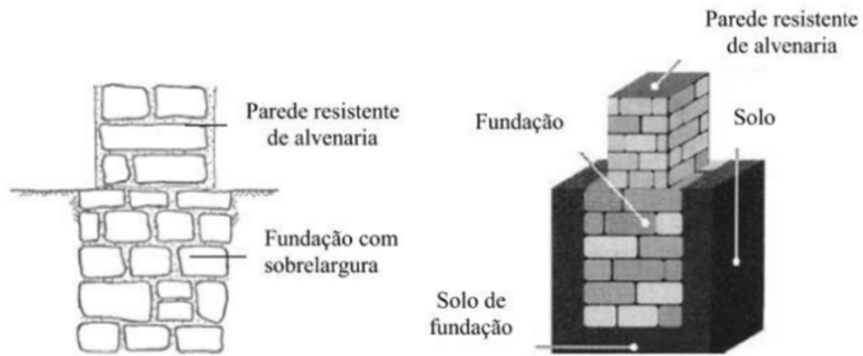


Figura 1: Esquema de fundações diretas

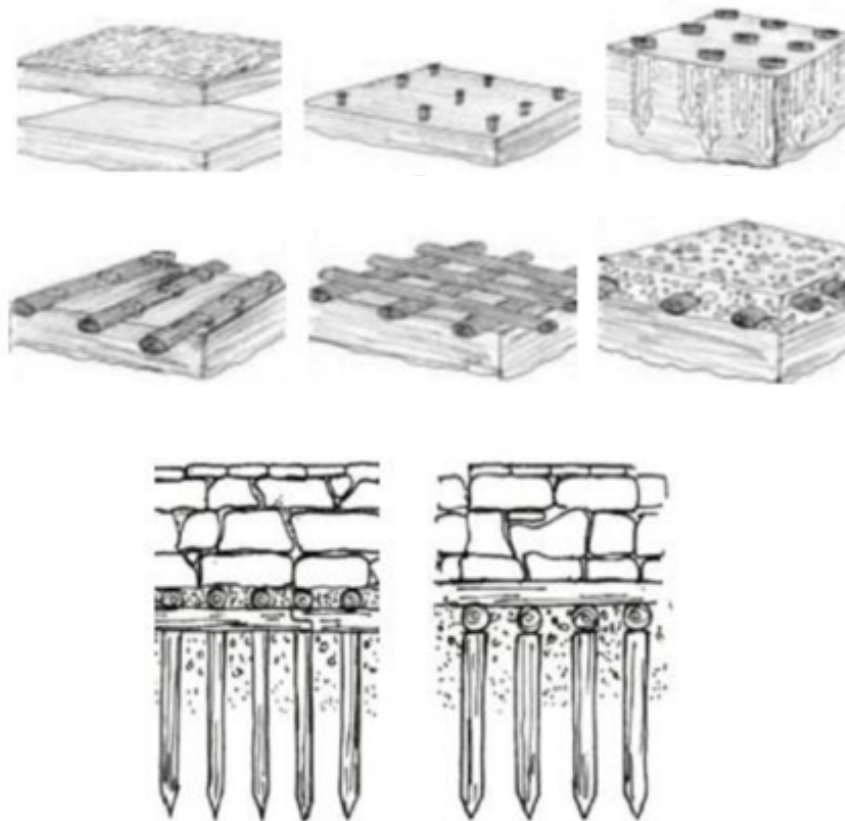


Figura 2: Esquema de fundações indiretas | Estacaria em madeira

2.1.2. Anomalias nas fundações

As fundações diretas de edifícios antigos em alvenaria de pedra podem apresentar algumas anomalias devido às mudanças nas condições do solo ao longo do tempo. Alguns problemas comuns que podem surgir incluem recalques diferenciais, erosão e danos causados por agentes biológicos.

A reabilitação das fundações em edifícios antigos requer uma abordagem cuidadosa e especializada para garantir a estabilidade estrutural do edifício. As técnicas de reabilitação podem variar dependendo das condições específicas encontradas.

Algumas anomalias que afetam as fundações de edifícios antigos são as fissuras, aberturas ou rachaduras nas estruturas que podem ocorrer devido a movimentos do solo, erros de execução ou degradação dos materiais. Quando as fundações contêm elementos de madeira, como estacas, elas podem ser afetadas por fungos, humidade excessiva ou insetos, resultando em apodrecimento. Esta degradação dos materiais, como por exemplo, madeira ou alvenaria de pedra podem comprometer a estabilidade da estrutura. Compressões e descompressões do terreno de fundações, pelos movimentos do solo devido a variações de carga e expansão ou contração no terreno. Presença de água, a água próxima à fundação, seja devido a um lençol freático, infiltração ou problemas de drenagem, podem causar problemas como erosão do solo ou degradação dos materiais e a mudança significativa no teor de humidade do solo, como secas prolongadas ou inundações, podem afetar a estabilidade das fundações.

2.2. Pavimentos térreos e superiores

2.2.1. Caracterização dos pavimentos

Os pavimentos em edifícios antigos são um testemunho da história e da evolução da arquitetura e refletem as técnicas e materiais utilizados na época em que foram construídos. Uma das características marcantes dos pavimentos em edifícios antigos é a diversidade de materiais empregues. Em diferentes períodos históricos, foram utilizados diversos tipos de materiais de revestimento, como madeira, pedra, azulejo, mosaicos e até mesmo metais. Cada material traz consigo sua própria estética e estilo, conferindo uma atmosfera distinta aos espaços, como por exemplo, a pedra mármore, o granito, a madeira carvalho ou pinho.

No caso dos edifícios mais antigos, é comum encontrar pavimentos de madeira como elemento estrutural e de revestimento. A madeira proporciona uma sensação de calor e conforto, além de possuir características de isolamento térmico e acústico. Em muitos casos, esses pavimentos foram executados com técnicas de encaixe e acabamentos detalhados.

Outro tipo de pavimento bastante comum em edifícios antigos é a pedra natural, como o granito, muito usado na região norte e o calcário mais na região sul do nosso país. Esses materiais são duráveis e resistentes. A pedra natural confere um ar de nobreza e sofisticação aos espaços, sendo frequentemente encontrada em palácios, igrejas e solares.

Embora os pavimentos em edifícios antigos sejam admirados pela sua estética e valor patrimonial, muitas vezes requerem cuidados especiais de conservação. Com o passar dos anos, esses pavimentos podem sofrer desgaste, danos ou até mesmo terem sido cobertos por camadas de revestimentos mais modernos. Preservar e restaurar esses pavimentos requer um conhecimento especializado e o uso de técnicas tradicionais.

Os edifícios antigos apresentam características distintas nos pavimentos térreos e superiores, resultado de diferentes necessidades funcionais, técnicas construtivas e estilos arquitetônicos da época em que foram construídos.

Os pavimentos de pedra são construídos normalmente sobre uma camada de brita, areia ou argila, cuidadosamente compactada para criar uma base estável que irá suportar o peso das lajes de pedra. As lajes de pedra que compõem o pavimento são frequentemente feitas de pedra natural, como granito ou calcário. Essas pedras, escolhidas pela existência próximo do local da obra ou pela sua durabilidade, são cortadas em tamanhos regulares e colocadas de forma a criar um pavimento uniforme. Entre as lajes de pedra, são geralmente aplicadas juntas de argamassa para fixar as pedras no lugar ou em alguns casos a junta é seca (sem argamassa).

Os pavimentos de madeira são executados sobre uma estrutura de suporte sólida. Isso envolve vigas de madeira maciça que são dispostas longitudinalmente ou transversalmente, dependendo do vão, para suportar as cargas. O espaçamento entre vigas pode variar, dependendo da carga que o pavimento deve suportar. A madeira utilizada no revestimento dos pavimentos varia, sendo frequentemente castanho, carvalho ou pinho no nosso país. As tábuas podem ser instaladas com vários tipos de encaixe para criar superfícies uniformes e resistentes. Algumas estruturas antigas podem ter tábuas de madeira colocadas lado a lado e pregadas para fixá-las no lugar. Para melhorar a durabilidade e a estética, a madeira pode ser tratada com vernizes, óleos ou outros acabamentos protetores.

2.2.2. Anomalias nos pavimentos térreos e superiores

Os pavimentos de edifícios antigos podem apresentar uma variedade de anomalias decorrentes de desgaste ao longo do tempo, problemas de manutenção ou devido a características construtivas específicas da época em que foram construídos.

Algumas anomalias comuns encontradas nos pavimentos são:

O desgaste superficial devido ao tráfego constante, abrasão, exposição aos elementos, isso pode resultar em perda de camadas superficiais.

Deslocamentos de revestimentos, os pavimentos antigos podem ter revestimentos adicionais, como madeira, pedra ou tijoleira. Com o tempo, esses revestimentos podem se deslocar da base, resultando em áreas soltas, desniveladas ou danificadas.

Deterioração das ligações entre os pavimentos e as paredes, podem ser afetadas por vários fatores, incluindo desgaste ao longo do tempo, movimentação estrutural, alterações na carga aplicada e falta de manutenção adequada.

Desgaste dos elementos de pedra, é comum em edifícios antigos, especialmente quando elementos de pedra, como revestimentos, ornamentos ou detalhes arquitetônicos, são expostos a condições ambientais adversas ao longo do tempo. A deterioração pode ser causada por diferentes fatores incluindo, ação de agentes químicos, efeitos biológicos e reações químicas internas.

O apodrecimento da madeira, ocorre quando a madeira é exposta a condições de humidade e fungos, resultando em perda de resistência e integridade estrutural. A humidade excessiva, fungos, insetos xilófagos e falta de ventilação são exemplos dos principais fatores de apodrecimento da madeira.

2.3 Paredes exteriores e interiores

2.3.1. Caracterização das paredes

As paredes interiores e exteriores de edifícios antigos podem apresentar uma série de características e desafios específicos devido à sua idade e métodos de construção utilizados na época. Não se pretendendo fazer uma caracterização exaustiva de todo o tipo de paredes exteriores e interiores, vou limitar-me a fazer uma breve identificação das paredes interiores e exteriores que são mais usuais nas edificações com características idênticas às do objeto de estudo.

Assim, as paredes interiores podem ser construídas com uma variedade de materiais, como alvenaria de tijolo, pedra, gesso, tabiques (de fasquio ou rodízio) ou painéis de madeira. Podem ser revestidas com reboco, azulejos, e terem lambris de madeira.

As paredes exteriores podem ser construídas com uma variedade de materiais, como alvenaria de tijolo, pedra e madeira, podendo, nalguns casos, estes materiais ser usados em conjunto especialmente a madeira/tijolo ou a madeira/pedra, como se pode observar na "gaiola pombalina". A espessura das paredes varia em função da sua constituição, características da construção, altura, entre outros fatores, nomeadamente os que dizem respeito à estabilidade estrutural que é necessário garantir.

As paredes exteriores em análise, quase sempre a desempenhar funções estruturais, são paredes em alvenaria de pedra aparelhada ou irregular com diversos tipos de assentamento desde junta seca a junta argamassada e quase sempre são revestidas com reboco ou outros materiais em particular o azulejo muito comum na cidade do Porto.

2.3.2. Anomalias nas paredes exteriores e interiores

Exteriores

Nas paredes exteriores, as anomalias mais comuns são, as fissuras que ocorrem devido a movimentações estruturais, variações de temperatura, expansão e contração dos materiais ou falta de flexibilidade.

Os materiais de construção utilizados nas paredes, como tijolo, pedras e madeira, podem-se deteriorar ao longo do tempo devido à ação de agentes climáticos e variação de temperatura. A infiltração de água é uma das principais causas de deterioração das paredes. A entrada da água pela cobertura (junto ao topo das paredes) leva á degradação e até mesmo a ruína das paredes. Infiltração de água por capilaridade pelas fundações leva ao aparecimento de fungos, bolores e manchas. A deformação estrutural (barriga), deve-se geralmente ao mau travamento das paredes e que ocorre devido a uma combinação de fatores, incluindo problemas de fundação, carga inadequada, degradação dos materiais e falhas de construção.

Interiores

Nas paredes interiores são comuns o aparecimento de fissuras assim como nas paredes exteriores, elas podem ser resultantes de movimentações estruturais e dilatação ou contração dos materiais.

A madeira e os materiais de revestimento, como gesso, tintas ou argamassas, podem-se deteriorar ao longo do tempo devido a humidades e condensação.

Fungos, caruncho e manchas de humidade indica problemas de infiltração de água ou problemas de drenagem.

2.4 Cobertura

2.4.1. Caracterização das coberturas

As coberturas em edifícios antigos são uma parte importante da arquitetura e do caráter histórico dessas construções. Elas desempenham um papel crucial na proteção do edifício contra os elementos naturais, como chuva, vento e o sol.

Existem diferentes tipos de coberturas em edifícios antigos, dependendo da época e da região em que foram construídos. Alguns exemplos incluem telhados de telhas cerâmicas, telhas de ardósia, telhados de zinco e telhados de chumbo.

As telhas cerâmicas eram amplamente utilizadas em edifícios antigos pela sua durabilidade e resistência ao clima.

As telhas de ardósia são outra opção popular em edifícios antigos. Elas são feitas de pedra natural, o que as torna extremamente duráveis e capazes de resistir às intempéries. As telhas de ardósia são conhecidas por sua aparência elegante e sofisticada, além de oferecerem uma ampla gama de cores, como preto, cinza, verde e castanho.

Em alguns casos, edifícios antigos podem ter coberturas de madeira. Essas coberturas costumam ser encontradas em estruturas mais antigas, como celeiros ou construções rurais. A madeira requer manutenção regular para preservar sua integridade estrutural e evitar danos causados por insetos ou deterioração.

O zinco e o chumbo também foram materiais frequentemente usados em coberturas de edifícios antigos. Esses metais são altamente duráveis, resistentes à corrosão e podem ser moldados em diferentes formas para se adequarem ao estilo arquitetônico do edifício. As coberturas de zinco e chumbo são conhecidas por sua longevidade e podem durar décadas com o devido cuidado.

No entanto, com o passar dos anos, as coberturas em edifícios antigos podem sofrer danos devido ao desgaste natural, falta de manutenção adequada ou até mesmo eventos como incêndios ou desastres naturais. Quando isso acontece, é importante realizar reparações ou substituições adequadas, levando em consideração a preservação do estilo e da integridade histórica do edifício.

Em resumo, as coberturas em edifícios antigos desempenham um papel essencial na proteção e preservação dos edifícios antigos. Elas são uma expressão da arquitetura e do estilo da época. A manutenção adequada e os cuidados com as coberturas são fundamentais para garantir a longevidade e a beleza desses edifícios ao longo do tempo.

As coberturas dos edifícios antigos em análise correspondem a estruturas com vigamentos de madeira (vigas e asnas de madeira), que podem apresentar várias configurações conforme a tipologia da cobertura e os vãos a vencer, incluindo madres e varas sobre as quais é colocado um forro de madeira para receber as telhas cerâmicas, ou sem aplicação de forro

designando-se “telha vã”. Geralmente os vãos do telhado são áreas bastante ventiladas, mas sem qualquer tipo de isolamento térmico.

2.4.2. Anomalias nas coberturas

As coberturas de edifícios podem apresentar várias anomalias, dependendo do tipo de coberturas e dos materiais utilizados. Em coberturas inclinadas com estruturas de madeira, podem ocorrer algumas anomalias, muitas delas relacionadas com o apodrecimento da madeira da estrutura devido sobretudo ao excesso de humidade e à presença de agentes xilófagos (organismos que se alimentam de madeira). Essas anomalias podem resultar em redução da secção, maior deformação e perda de resistência nas estruturas.

Além disso, outras anomalias comuns incluem a rotura de peças, secções insuficientes, deformações excessivas, rotura de ligações, empenamentos, fissuração, desprendimento de materiais e degradação dos materiais da cobertura. Essas anomalias podem ser causadas por diversos fatores, como exposição aos agentes climatéricos, presença de água, falta de manutenção adequada, falta de ventilação ou erros de execução durante a construção.

O apodrecimento da madeira é um problema sério, pois enfraquece a estrutura das peças e pode levar à perda de integridade da cobertura. A presença de agentes xilófagos, como térmitas, pode acelerar o processo de deterioração. Essas anomalias podem ser agravadas pela exposição contínua à humidade, falta de proteção adequada ou falta de ventilação.

Técnicas de reabilitação de elementos construtivos

3.1. Fundações

Existem várias técnicas utilizadas para a reabilitação de fundações de edifícios antigos, dependendo das condições específicas e das necessidades da estrutura. Apresento seguidamente algumas das técnicas frequentemente utilizadas e que são uma amostra representativa do que é possível fazer neste domínio.

3.1.1. Sistema de injeção de compactação

O sistema de injeções de compactação, também conhecido como compactação do solo por injeção ou compactação dinâmica, é uma técnica utilizada para melhorar as características geotécnicas do solo, aumentando sua capacidade de suporte. Essa técnica é frequentemente aplicada em fundações de edifícios que apresentam patologias decorrentes de assentamentos resultantes das características dos terrenos onde estão implantados.

O processo de injeção de compactação envolve a introdução de material granular, como caldas de cimento, areia ou caldas viscosas, no solo através de furos ou tubulações. O material é injetado com alta pressão, o que gera vibração e compactação no solo ao redor. Esse processo resulta na melhoria da densidade e resistência do solo, aumentando sua capacidade de carga.

As fundações de alvenaria são fundações que estão em contacto com a água, que resulta na degradação dos materiais. Pelo qual é necessário usar a técnica de injeção de caldas de cimento ou de resinas, com o objetivo de tapar os espaços vazios reforçando as características físicas das alvenarias das fundações.

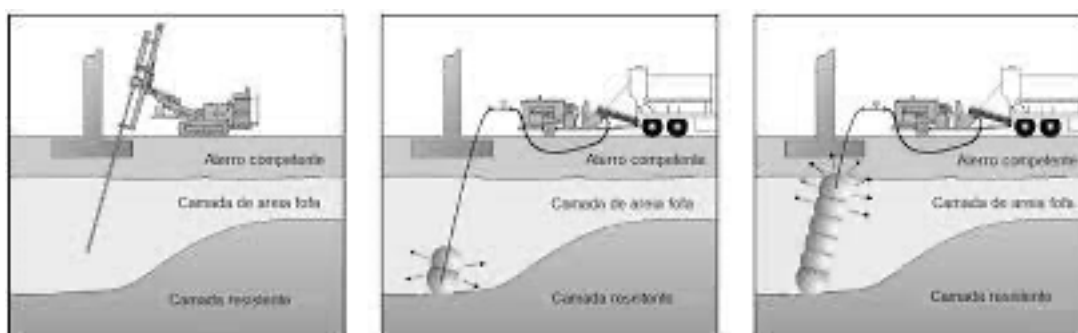


Figura 3: Técnica do sistema de injeção de compactação

3.1.2. Consolidação do material de fundações através de injeção

A consolidação do material constituinte da fundação (alvenaria), preenchendo os respectivos vazios, juntas ou fendas através de injeções de caldas de ligante hidráulico apropriadas, utilizando baixas pressões é uma técnica utilizada para melhorar as características das fundações e aumentar sua capacidade de suporte.

As fundações de alvenaria são fundações que estão em contacto com a água, que resulta na degradação dos materiais ou na ocorrência de vazios no interior das alvenarias e que pode fragilizar as mesmas. Pelo qual é necessário usar a técnica de injeção de caldas de cimento ou de resinas, com o objetivo de tapar os espaços vazios existentes reforçando as características físicas das alvenarias das fundações.



Figura 4 e 5: Consolidação de fundações, Igreja de Caminha

3.1.3. Alargamento das fundações e recalçamento

Alargamento de fundações é uma técnica de reforço que é usada para fortalecer as fundações do edifício que podem estar comprometidas ou podem ser insuficientes para sustentar as cargas aplicadas. As fundações são alargadas a fim de aumentar a capacidade de carga e distribuir a carga de maneira mais eficiente. O alargamento implica uma base acrescida de fundações existentes para descarregar o solo adicional. O alargamento é projetado com base na carga esperada e na resistência do solo. Destina-se a descarregar o solo de maneira mais eficaz e reduzir a tensão. Além disso, o novo alargamento está conectado à base existente para garantir que a carga seja transmitida suavemente.

O recalçamento de fundação é uma técnica que visa adicionar suporte sob fundações existentes. Por outras palavras, os elementos de recalçamento, como estacas ou sapatas, são adicionadas às fundações existentes para transferir a carga para camadas mais

profundas e fortes. Essa técnica é usada para aumentar a capacidade de carga. Devem ser projetados e dimensionados adequadamente para suportar a carga utilizada.



Figura 6, 7, 8 e 9: Reforço das fundações por alargamento

3.1.4. Reforço de fundações com micro estacas

O reforço de fundações por meio de micro estacas é uma técnica muito comum utilizada para melhorar a capacidade de carga e estabilidade de fundações existentes. As micro estacas são elementos estruturais delgados e longos que são introduzidos no solo ao redor das fundações existentes para transferir as cargas para camadas mais resistentes do solo.

As micro estacas são inseridas no solo por meio de perfuração, geralmente utilizando equipamentos especiais, como perfuradoras de pequeno diâmetro. O tamanho e a profundidade dependem das condições do solo, das cargas aplicadas e dos requisitos estruturais. Após a instalação, a carga da estrutura existente é transferida para as micro estacas. Esta técnica de reforço, pode ser utilizada em conjunto com a injeção de calda de cimento ou resina no solo ao redor das micro estacas para melhorar a estabilidade e resistência do solo e aumentar a capacidade de carga das fundações.

Esta técnica oferece várias vantagens. Elas são adequadas para locais com restrições de acesso, pois são instaladas usando equipamentos menores e de fácil mobilidade. Além disso, podem ser instaladas em diferentes tipos de solo e são capazes de suportar uma variedade de cargas estruturais.



Figura 10: Máquina perfuradora



Figura 11: Perfis de micro estacas

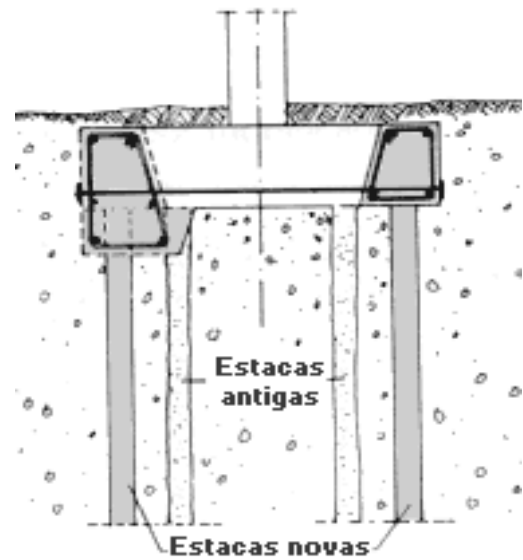
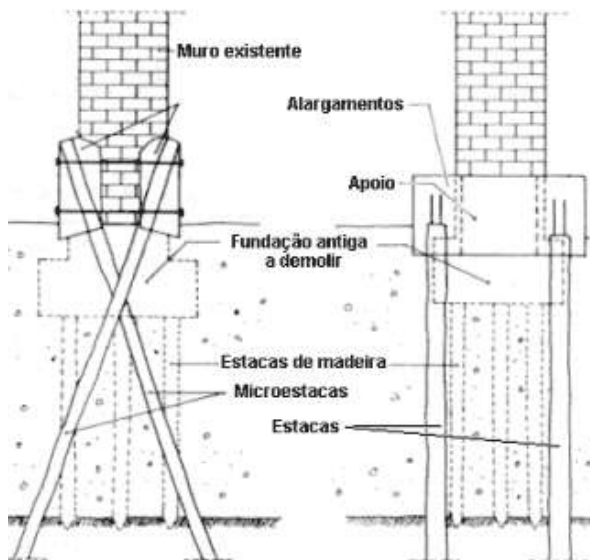


Figura 12 e 13: Esquema de reforço de fundações por estacas

3.2. Pavimentos

Existem várias técnicas de reabilitação que podem ser aplicadas nos pavimentos térreos e superiores de edifícios para melhorar sua condição, como por exemplo:

3.2.1. Técnica de reforço com elementos de madeira

A técnica de reforço com elementos de madeira nos pavimentos envolve a adição de elementos de madeira, geralmente vigas ou tábuas, para fortalecer ou reforçar a estrutura de um pavimento existente. Esta abordagem é geralmente usada quando o pavimento original está danificado, apresentando rachaduras, deformações ou desgaste, mas a base ainda está em condições razoáveis. Em vez de substituir completamente o pavimento, o reforço com elementos de madeira pode ser uma solução económica e sustentável.

A adição de novas peças para aumentar a secção transversal ou a espessura de elementos estruturais existentes, como vigas, pisos ou lajes de madeira. É uma técnica de reforço que pode ser uma solução eficaz para melhorar a capacidade de carga e prolongar a vida útil da estrutura de madeira.

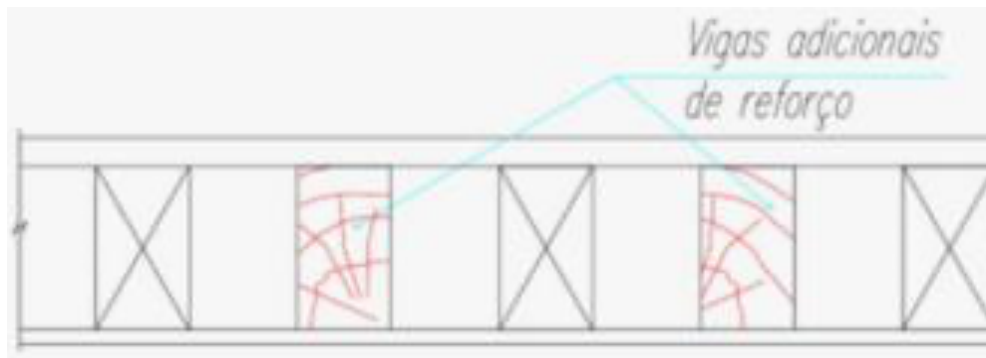


Figura 14: Esquema de introdução de novas vigas de madeira

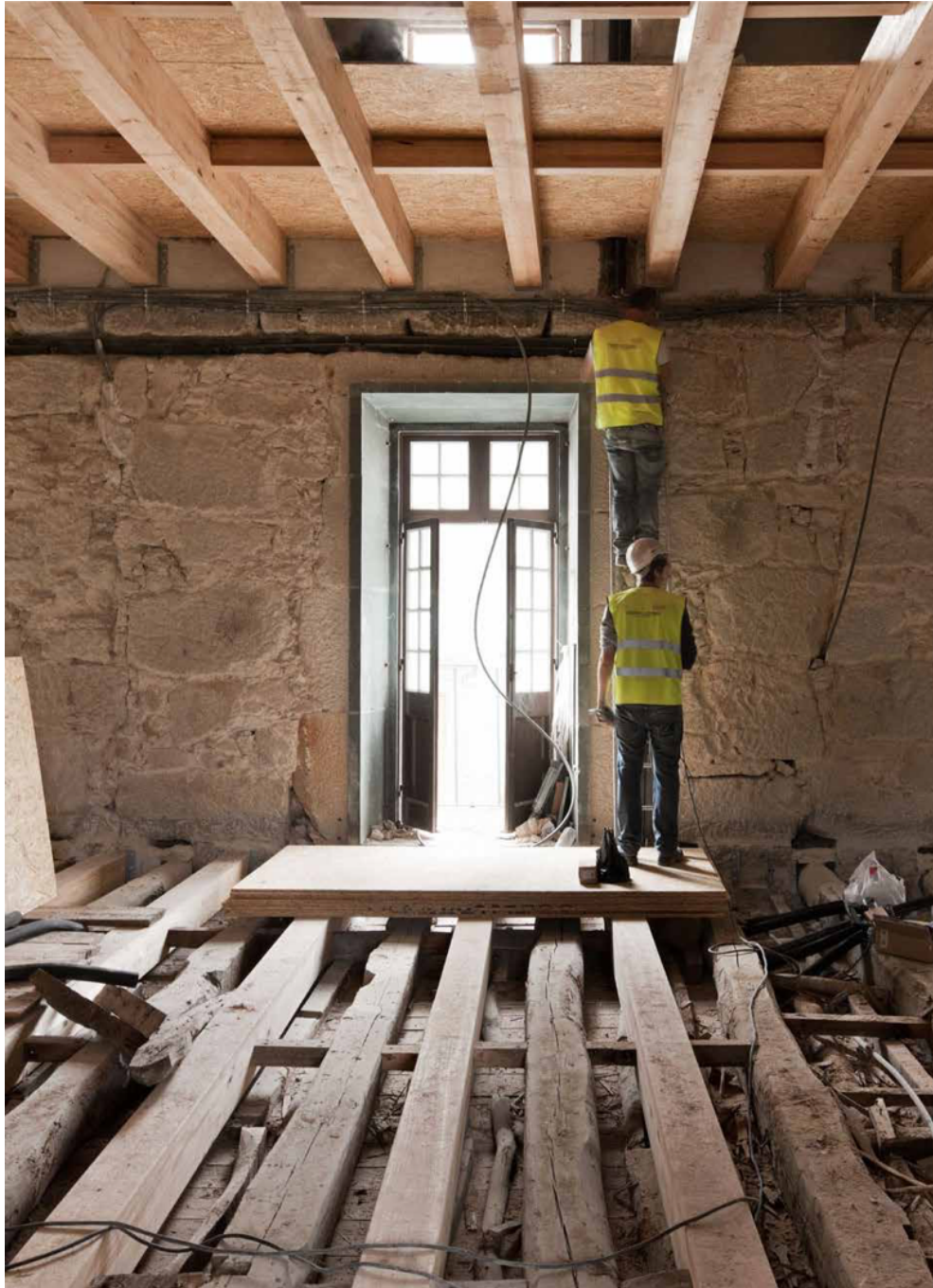


Figura 15: Reforço do pavimento com novas vigas de madeira

3.2.2. Técnica de reforço com elementos metálicos

A técnica de reforço com elementos metálicos para a reparação de fendas é comum para melhorar a capacidade de carga e a estabilidade estrutural de vigas. Essa abordagem de reforço estrutural visa complementar o sistema existente, aumentando sua resistência e garantindo a integridade da estrutura. Uma técnica comum é adicionar cintas metálicas ou a reparação através de parafusos às vigas existentes para aumentar a sua capacidade de carga. As cintas metálicas são fixadas em torno da peça de madeira, ligadas por parafusos

com o objetivo de reparar as fendas. A técnica do uso de parafusos consiste em pressionar as partes da fenda, uma contra a outra.



Figura 16 e 17: Técnica de reforço com elementos metálicos

3.2.3. Técnica de reforço com a injeção de resinas epóxicas

A reparação parcial de vigas é usada em casos que a extensão dos danos é maior e afeta uma parte significativa da viga, a substituição parcial pode ser necessária. Isso envolve retirar a parte danificada da viga e a substituição por uma nova parte. Se a deterioração dos danos forem localizados e não comprometerem significativamente sua capacidade estrutural, a reparação pode ser a melhor opção. Isso pode envolver o tratamento de fissuras ou áreas corroídas, por meio de técnicas como injeção de resina e remoção de partes deterioradas e aplicação de materiais de reparo adequado.



Figura 18: Esquema de reparação de vigas usando resinas epóxicas

3.2.4. Reconstrução de troços de vigas/próteses de madeira

A técnicas de substituição ou reconstrução de troços de vigas de madeira é essencial para a manutenção e longevidade de estruturas de madeira. A técnica envolve a reparação ou substituição de partes danificadas de uma viga sem necessidade de substituí-la completamente, mantendo a integridade estrutural e estética da construção.

O principal objetivo dessa técnica é restaurar a funcionalidade e a segurança das estruturas de madeira comprometidas por danos causados por humidades, fungos, ou outras formas de deterioração. A substituição parcial é uma solução eficaz e económica que minimiza o desperdício de material e preserva a originalidade da construção.

O processo começa com uma avaliação detalhada da extensão do dano. Isso envolve a identificação das áreas comprometidas e a determinação da causa da deterioração, garantindo que os reparos futuros previnam problemas semelhantes.

A madeira danificada é cuidadosamente removida, utilizando ferramentas apropriadas para cortar ou esculpir a área afetada. A precisão nessa etapa é crucial para garantir que a nova peça de madeira se encaixe perfeitamente. É cortada e moldada de acordo com a área preparada. Esta peça deve ser de madeira de qualidade e tratada, compatível com a madeira existente em termos de características físicas e mecânicas.

A nova peça é inserida na área preparada e fixada firmemente. Isso pode ser feito com o uso de colas de madeira, parafusos ou uma combinação destes. A técnica de encaixe pode variar, mas deve assegurar uma união forte e durável.

Após a fixação, a área reparada é lixada para garantir uma superfície uniforme e suave. A madeira pode ser tratada com verniz, pintura ou outro tipo de acabamento para proteger contra futuras deteriorações e garantir a uniformidade estéticas.



Figura 19 e 20: Reparação de vigas usando próteses de madeira

3.3. Paredes exteriores e interiores

Reabilitar paredes externas e internas é essencial para manter a integridade estrutural, eficiência energética e aparência estética de edifícios. Utilizando as técnicas adequadas, é possível prolongar a vida útil das construções e melhorar seu desempenho, garantindo um ambiente saudável e confortável.

3.3.1. Técnica de consolidação de alvenarias através de injeção

A técnica de consolidação de alvenarias por meio de injeção é uma abordagem comum usada na reabilitação de edifícios antigos para fortalecer e estabilizar as paredes de alvenaria como a pedra ou tijolo maciço. Essa técnica envolve a injeção de materiais adequados nos espaços vazios ou nas juntas da alvenaria, com o objetivo de melhorar a resistência da parede. O material utilizado pode variar de acordo com a situação específica, mas geralmente inclui resinas, massas especiais, caldas de cimento ou produtos específicos para injeção de alvenaria. O material é injetado sob pressão controlada, preenchendo os espaços vazios e as juntas da alvenaria.



Figura 21: Técnica de injeção de resina em paredes de alvenaria

3.3.2. Técnica de reconstrução de paredes de alvenaria

A técnica de reconstrução das paredes é um método usado quando as paredes existentes estão severamente prejudicadas, estruturalmente comprometidas e não podem ser adequadamente restauradas. Este procedimento consiste em remover parte das paredes de alvenaria existentes e reconstruí-las. No entanto, é essencial aderir a materiais que sejam compatíveis com os existentes em termos de aparência e propriedades físicas para assegurar uma integração adequada em termos de estética e funcionalismo.



Figura 22: Reconstrução de alvenaria

3.3.3. Refechamento de juntas

O refechamento de juntas nas paredes de alvenaria é essencial na manutenção e restauro. Tem como objetivo, reparar e reforçar as juntas entre os elementos de alvenaria, como tijolos ou blocos de pedra. Esta técnica é aplicada quando as juntas originais estão deterioradas, danificadas, soltas ou ausentes, comprometendo a estabilidade e a estética das paredes. Este procedimento envolve a remoção e substituição da argamassa entre os tijolos ou blocos de perda para garantir a integridade estrutural da parede, prevenir infiltrações de água e danos por humidade, melhorar a aparência estética da parede e prolongar a vida útil da construção.



Figura 23: Refechamento de juntas em alvenaria de pedra

3.3.4. Barreiras químicas contra a humidade

As barreiras químicas contra a humidade são técnicas utilizadas para prevenir a entrada de humidade em estruturas, impedindo que a água se infiltre nas paredes e cause danos. Essas barreiras químicas são aplicadas na forma de revestimentos ou tratamentos que criam uma barreira impermeável, impedindo que a humidade ascenda por capilaridade ou penetre nas estruturas de alvenaria. São aplicados na forma de revestimentos líquidos que penetram nas superfícies porosas das paredes e formam uma camada impermeável.

A técnica passa por perfurar furos em intervalos regulares ao longo da base da parede. A profundidade e o diâmetro dos furos dependem da espessura da parede e do tipo de barreira química a ser utilizada. O agente químico é injetado sob pressão controlada para garantir sua penetração uniforme na estrutura como resina, gel ou creme. Em seguida, deve-se permitir o tempo necessário para que o agente químico seque e crie uma barreira impermeável finalizando com uma pintura ou revestimento, se necessário, para melhorar a proteção e a estética da parede.



Figura 24: Barreira química contra humidade

3.3.5. Rebocos armados

Os rebocos armados, também conhecidos como rebocos com malha de reforço, são uma técnica que visa reforçar ainda mais a camada de reboco das paredes, a fim de aumentar a resistência e a durabilidade do material do reboco. Este método de aplicação do reboco destina-se a paredes que experimentam constantes movimentos e tensões, fissuras, ou as paredes em questão têm uma estrutura muito frágil que requer reforço. A inclusão de malha de reforço no muro de reboco reforça significativamente suas propriedades mecânicas, tornando-a mais durável e menos propensa a impacto. Dá uma distribuição de tensões em toda a superfície, evitando a formação de fissuras, rachaduras e protuberâncias. Cria maior resistência às condições do meio ambiente, incluindo humidade. A malha é geralmente produzida de fibras de fibra de vidro, metálica e de carbono.

Esta técnica de reforço pode, em alguns casos, aumentar significativamente a espessura dos rebocos de revestimentos, podendo colidir ou afetar a expressão arquitetónica dos edifícios, em particular quando têm elementos salientes em cantaria (cunhais, guarnições de vãos, cornijas, etc.) devendo ser convenientemente estudada e ponderada a sua aplicação.

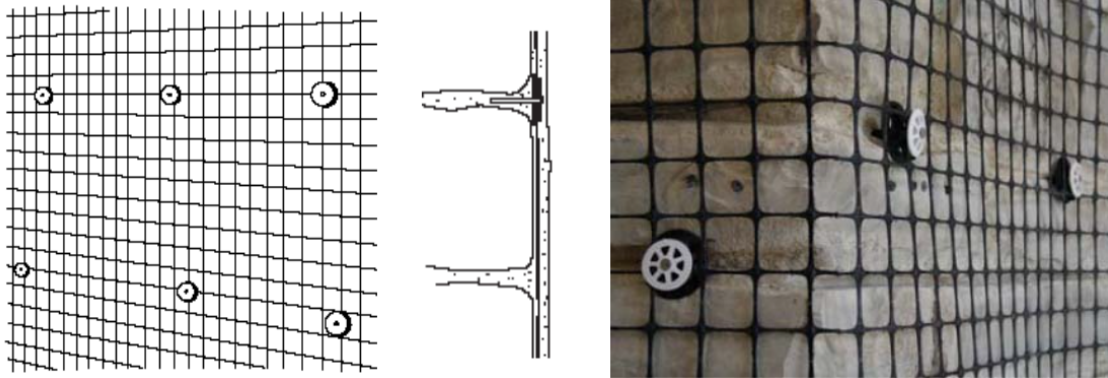


Figura 25: Esquema da fixação da malha do reboco armado



Figura 26 e 27: Rebocos armados em paredes exteriores

3.3.6. Tirantes

A técnica do uso de tirantes em paredes de edifícios antigos é uma intervenção estruturante utilizada para estabilizar e reforçar construções que apresentam problemas de integridade estrutural. Os tirantes atuam como elementos de reforço que ajudam a redistribuir cargas e minimizar movimentos indesejados, prevenindo o colapso das estruturas.

Os edifícios antigos enfrentam frequentemente problemas estruturais devido à degradação dos materiais, alterações estruturais e adaptações para novos usos que aumentam as cargas nas estruturas.

Os tirantes são elementos de aço, fibra de vidro ou outros materiais resistentes à tração, instalados para ligar diferentes partes de uma estrutura, redistribui tensões e reforçar a coesão estrutural. O principal objetivo é distribuir cargas de áreas sobrecarregadas para áreas mais estáveis, reduzir a possibilidade de movimentos laterais e reforçar a estrutura para aumentar a capacidade de resistência das paredes a forças horizontais e verticais.

Este tipo de técnica tem como vantagem aumentar a segurança e a durabilidade das edificações sem a necessidade de demolição ou substituição significativa de elementos. Ajuda a manter a integridade e a estética dos edifícios históricos, preservando o seu valor arquitetônico e cultural.

3.3.7. Tabiques

Existem vários tipos de tabiques interiores, sendo os mais comuns os de “fasquio” ou o tabique tipo “cruz de Santo André”. As paredes interiores com tabiques tipo “cruz de Santo André” são paredes que usam estruturas de madeira em forma de “X”, preenchidas com tijolos de barro. Essas cruzes desempenham um papel importante na estabilidade e resistência da estrutura, especialmente em edifícios de alvenaria de tijolos ou pedra.

No caso de tabiques, as paredes interiores são leves e não estruturais, geralmente feitas de tábuas ou placas de madeira, que dividem os espaços em compartimentos.



Figura 28: Paredes interiores com cruz de Santo André



Figura 29: Paredes interiores com tabiques

3.4. Coberturas

Para reabilitar as anomalias nas coberturas com estruturas de madeira, é necessário realizar uma avaliação detalhada das condições existentes, identificar as causas subjacentes e desenvolver um plano de ação adequada. Isso pode envolver a substituição de peças deterioradas, tratamento de agentes xilófagos, reforço estrutural, melhoria de impermeabilização, instalação de sistemas de drenagem eficientes, aplicação de revestimentos protetores e instalação de sistemas de ventilação adequado.

Existem várias técnicas de reabilitação que podem ser usadas nas coberturas para corrigir anomalias e melhorar o desempenho estrutural e funcional.

3.4.1. Reforço de elementos de madeira por aplicação de empalmes

A técnica de reforço de elementos de madeira por aplicação de empalmes é comumente usada para restaurar a integridade estrutural de componentes que foram danificados ou desgastados. As peças de empalmes proporciona uma maneira de substituir parte do material degradado ou estender o elemento funcional, garantindo que haja continuidade na capacidade estrutural e na capacidade de carga. Esse método é particularmente útil na restauração de estruturas históricas existentes e na manutenção de novas intervenções, em que a preservação do material original é um valor crítico.

Os objetivos primários do reforço de empalmes incluem a substituição de secções comprometidas de peças de madeira e a continuidade dos elementos de madeira. O aumento da resistência física dos componentes de madeira e da resistência à carga que podem suportar. A preservação da aparência original e valor arquitetónico das estruturas. Aumentar a vida útil do material de madeira para o futuro por meio da aplicação de procedimentos de restauro apropriados.

3.4.2. Reforço de elementos de madeira através de aplicação de resinas epóxicas

O reforço de elementos de madeira em edifícios antigos utilizando resinas epóxicas é uma técnica eficaz para restaurar e fortalecer componentes estruturais que sofrem danos ao longo do tempo. As resinas possuem excelentes propriedades adesivas e mecânicas, tornando-se uma solução ideal para a conservação e revitalização de património histórico, onde a preservação da estética e da integridade estrutural é fundamental.

Os principais objetivos do uso de resinas epóxicas no reforço de elementos de madeira em edifícios antigos são, reforçar e consolidar áreas danificadas, restabelecendo a capacidade de carga dos elementos de madeira. Aumentar a capacidade de carga para melhorar a resistência à compressão, tração e flexão dos componentes de madeira.

Prevenir a degradação futura, protegendo a madeira contra humidade, ataques de insetos e fungos e preservar a estética e o valor arquitetónico dos edifícios antigos.



Figura 30: Reforço da cobertura com a aplicação de resinas epóxicas

3.4.3. Reforço com elementos metálicos

O reforço de apoios com perfis metálicos é uma técnica utilizada para fortalecer e melhorar a capacidade de carga de elementos estruturais, como vigas, pilares ou fundações. Essa técnica é comum em edifícios antigos, nos quais os elementos estruturais podem estar enfraquecidos ou apresentar deficiências.

O processo de reforço geralmente envolve a fixação de perfis de aço ou outros materiais metálicos aos elementos estruturais existentes, tendo como objetivo no aumento da

capacidade de carga e melhoria da rigidez e estabilidade dos elementos estruturais, reduzindo deformações excessivas.

Os elementos metálicos mais comuns são as chapas metálicas, aparafusadas às superfícies da madeira usando parafusos ou pinos. Inserção de barras de aço que consiste em perfurar a madeira e inserir barras de aço, garantindo que estejam firmemente ancoradas. Instalação de perfis metálicos para fixar perfis de aço (como I, U ou T) nas vigas ou colunas de madeira utilizando conectores apropriados e a aplicação de conectores metálicos utilizando parafusos, ou outros fixadores para assegurar a conexão entre os elementos metálicos e a madeira.

3.4.4. Aplicação de tirantes metálicos

Os tirantes metálicos são elementos estruturais utilizados para reforçar coberturas, especialmente em edifícios antigos. Eles ajudam a redistribuir cargas, aumentar a estabilidade e prevenir deformações. Esta técnica é fundamental na preservação da integridade estrutural e na extensão da vida útil de construções.

O principal objetivo e importância dos tirantes é aumentar a estabilidade, melhorar a resistência da estrutura da cobertura contra forças horizontais e verticais. Prevenir deformações para evitar que as vigas de madeira se dobrem ou se deformem ao longo do tempo. Redistribuir uniformemente as cargas da cobertura para evitar pontos de tensão excessiva e preservar a aparência original e o valor arquitetônico do edifício.

As propriedades dos tirantes metálicos utilizados para reforçar uma estrutura antiga são resistentes à tração, feitos de aço ou ferro e resistentes à corrosão quando tratados adequadamente. Podem ser utilizados em diferentes tipos de estruturas e configurados de várias maneiras para atender às necessidades específicas do projeto e adaptados discretamente na estrutura existente, preservando a estética do edifício.

Casos de Estudo

Mercado do Bolhão, Porto

O Mercado do Bolhão, situado no Porto, construído entre 1914 e 1924, reflete a estética da época, combinando elementos de ferro, vidro, pedra e betão. No entanto, ao longo das décadas, o Mercado do Bolhão sofreu com problemas estruturais e de infraestruturas, o que levou a um processo de reabilitação e remodelação.

As fachadas do edifício são em pedra rebocadas, conferindo-lhe uma aparência sólida e imponente.

No interior do mercado, o espaço é organizado em diferentes níveis, com corredores e escadas que conduzem às várias bancas e lojas.

A fachada externa do Mercado do Bolhão também merece destaque. As suas paredes de pedra rebocada exibem uma mistura de elementos ornamentais, como cornijas, frontões e arcos, que conferem ao edifício uma aparência clássica e elegante. Os azulejos pintados à mão, com padrões geométricos e cenas tradicionais, adicionam um toque de beleza e tradição à fachada.

Infelizmente, ao longo dos anos, o Mercado do Bolhão foi enfrentando problemas de deterioração e falta de infraestrutura adequada. Após anos de debate e planeamento, iniciou-se um projeto de reabilitação em 2018, coordenado pelo Arq. Nuno Valentim, com o objetivo de preservar o caráter e a identidade histórica do mercado, ao mesmo tempo que se modernizou as suas instalações.



Figura 31: Mercado do Bolhão

4.1. Anomalias

As anomalias nas fundações do Mercado do Bolhão, no Porto, são um tema de grande relevância, especialmente tendo em conta a importância histórica e cultural deste mercado. As principais anomalias identificadas são as variações nos assentamentos das fundações que podem levar a rachaduras e deformações na estrutura superior. Infiltrações de água nas fundações pode comprometer a integridade das fundações. Com o tempo, os materiais utilizados nas fundações podem deteriorar-se, especialmente se forem submetidos a condições adversas como humidade constante ou a ação dos agentes químicos.

As anomalias nos pavimentos de betão podem ocorrer devido a vários fatores, incluindo a idade do edifício, o desgaste causado pelo uso intenso e o impacto de agentes externos ao longo do tempo.

As anomalias detetadas nos pavimentos são a corrosão das armaduras em elementos de betão e a humidade. São anomalias mais comuns e preocupantes que podem ocorrer em estruturas de betão armado expostas a ambientes agressivos. A corrosão das armaduras pode comprometer a integridade e a durabilidade da estrutura, ocorre principalmente devido à presença de água ou outros elementos agressivos que penetram no betão. Quando a corrosão se inicia, o aço das armaduras expande e causa fissuras no betão ao seu redor.

A corrosão das armaduras pode levar a problemas graves, como a redução da capacidade de carga da estrutura e perda de aderência entre o betão e as armaduras.



Figura 32 e 33: Corrosão nas armaduras do betão

As paredes de alvenaria de granito no mercado do Bolhão, sendo uma construção antiga e histórica, podem estar sujeitas a diversas anomalias decorrentes do desgaste natural ao longo do tempo. Algumas anomalias comuns que podem ser encontradas nas paredes são, fissuras, sais, humidade e desagregação.

Com o passar dos anos e exposição ao tempo, é comum que as paredes de granito desenvolvam fissuras. Essas fissuras podem ser causadas por movimentações no solo, variações de temperatura e humidade. A desagregação é o processo pelo qual pequenos fragmentos de granito se soltam da superfície da alvenaria, ficando com uma textura áspera ou irregular.



Figura 34: Humidade nas paredes de alvenaria de pedra



Figura 35: Fissuras em alvenaria de pedra

As coberturas do mercado do Bolhão, são maioritariamente de madeira e com o passar dos anos a estrutura estando exposta ao ambiente externo e sujeita a fatores climáticos, podem apresentar diversas anomalias ao longo do tempo. Algumas anomalias comuns nas coberturas do mercado do Bolhão são, a degradação do material, desalinhamento e humidade.

Áreas com acumulação de humidade ou pouca ventilação podem favorecer o crescimento de fungos e caruncho, o que pode ser prejudicial à integridade da cobertura. Degradação do material refere-se à deterioração física ou química dos elementos que compõem a cobertura, como telhas, membranas ou chapas. Algumas causas comuns da degradação do material são, as mudanças de temperatura e erosão que quando são locais com alta humidade pode acelerar o processo de erosão do material. O desalinhamento da estrutura da cobertura é causado por movimentações que podem ocorrer devido a variações de temperatura, cargas ou outras forças, que podem causar desalinhamentos.



Figura 36 e 37: Degradação da madeira nas coberturas

4.2. Técnicas de reabilitação de elementos construtivos

As fundações do Mercado do Bolhão não apresentavam grandes anomalias, porém em algumas zonas foram reforçadas com estacas nas laterais.

As técnicas usadas na reabilitação dos pavimentos e elementos de betão foram:

A remoção do betão degradado, ou seja, remover as partes danificadas.

Barreira estanque, ou seja, aplica-se uma resina como barreira estanque sobre as armaduras expostas. A resina é utilizada para proteger as armaduras expostas e proteger contra a corrosão, isolando-as da humidade e do oxigénio, prevenindo a continuação do processo corrosivo.

Proteção passivante pode ser feita por meio de aplicação de produtos químicos inibidores de corrosão nas armaduras. Esse produto ajuda a tornar a superfície das armaduras mais resistentes à corrosão, proporcionando uma camada protetora.

Reconstituição do betão, após a proteção das armaduras, o betão pode ser reconstituído utilizando um material compatível com o tratamento anti corrosão e com as características da estrutura original. Isso envolve o preenchimento dos espaços vazios deixados pela remoção do betão degradado e a restauração da superfície original.

Acabamento com pintura isolante, para finalizar a reabilitação do pavimento, pode-se aplicar uma pintura isolante apropriada para exteriores, proporcionando uma camada adicional de proteção contra os elementos, como chuva e luz solar, e melhorando a estética da superfície.



Figura 38 e 39: Proteção passivante

A reabilitação de paredes de alvenaria de granito no mercado do Bolhão pode ser realizada através de duas técnicas principais: a consolidação por injeção e a consolidação por fixação mecânica. Ambas as técnicas são utilizadas para reforçar e preservar a integridade da alvenaria de granito, especialmente quando há áreas degradadas ou instáveis.

A consolidação por injeção é um método no qual um material líquido, como uma resina ou calda, é injetado nas juntas e fissuras da alvenaria de granito. Esse material entra na estrutura e se solidifica, reforçando a coesão entre as pedras e melhorando a estabilidade da pedra. Esse processo é especialmente útil quando há partes da alvenaria degradadas, faltando ou soltas.

A consolidação por fixação mecânica envolve a fixação de elementos metálicos, como barras de aço inoxidável ou chapas, diretamente na alvenaria de granito para reforçar a estabilidade e resistência. Esse método é aplicado quando a alvenaria está enfraquecida ou não pode suportar cargas devido a movimentações ou perda de coesão.

A reabilitação de coberturas no mercado do Bolhão, é uma abordagem comum para preservar e restaurar coberturas de madeira danificadas. Como o mercado é património classificado e apresenta elementos arquitetónicos tradicionais, a utilização de técnicas adequadas é essencial para a conservação do edifício.

Introdução de novas peças de madeira para substituir as peças danificadas, seja por insetos xilófagos ou deterioração, são removidas cuidadosamente para se colocar as novas peças.

Tratamento contra insetos xilófagos. Antes de instalar as novas peças de madeira, é aplicado um tratamento contra os insetos para evitar que voltem a atacar a madeira. Isso pode envolver a utilização de produtos químicos adequados para a preservação do património histórico.

Após a introdução das novas peças de madeira e o tratamento contra insetos xilófagos, a cobertura é protegida com acabamentos adequados, como verniz, tintas ou óleos, que ajudam a proteger a madeira contra a ação do tempo.

Torre e Igreja dos Clérigos, Porto

A Igreja e Torre dos Clérigos é um monumento emblemático da cidade do Porto. Projetada pelo arquiteto Italiano Nicolau Nasoni, é um edifício notável do estilo barroco e desempenha um papel importante na história e na paisagem urbana do Porto.

A construção da Igreja começou em 1732 e foi concluída em 1749, é um exemplo típico do barroco italiano, adaptado ao contexto português. O interior é impressionante, com uma nave única coberta por uma abóbada de berço, inclui altares ricamente ornamentados, talha dourada e azulejos decorativos.

A torre dos Clérigos, por sua vez, começou a ser construída em 1754 e foi finalizada em 1763. É a estrutura mais alta do Porto, com 76 metros de altura. A torre tem seis andares, acessíveis por uma escadaria interna com 225 degraus. A sua construção em granito é robusta na base e vai estreitando à medida que se sobe, terminando numa cúpula.

Foi classificada como Monumento Nacional em 1910.

Nos últimos anos, tanto a igreja quanto a torre passaram por várias obras de restauração para preservar sua estrutura e beleza. Hoje, além de serem importantes pontos turísticos, a igreja continua a cumprir sua função religiosa, acolhendo missas e outros eventos. O complexo dos Clérigos também inclui um museu que exhibe arte sacra, documentos históricos e outros artefactos que narram a história rica e multifacetada destes monumentos.

Em 2012 inicia-se um programa de reabilitação da igreja e Torre dos Clérigos com um projeto coordenado pelo Arq. João Carlos dos Santos.



Figura 40: Torre e Igreja dos Clérigos, Porto

4.3. Anomalias

As fundações não apresentavam nenhuma anomalia que demonstrasse problemas de assentamentos e também não se efetuou qualquer tipo de intervenção por não se prever alterar as cargas do edifício. Contudo foi feita pela FEUP uma monitorização estrutural da torre para averiguar o comportamento de algumas fissuras existentes nas paredes e que já apresentavam “testemunhos” colocados anteriormente.

É de salientar que o edifício não apresentava anomalias graves a nível estrutural.

As anomalias nos pavimentos da Igreja e Torre dos Clérigos, foram analisados numa inspeção visual que foi realizada junto às paredes exteriores, no perímetro das salas que apresentavam algumas anomalias comuns em edificações antigas com elevado valor patrimonial. Para a realização destas sondagens foram feitas sondagens que consistiram na retirada de duas fiadas de tábuas junto às paredes para se avaliar o estado de conservação/detioração das vigas de madeira junto das entregas.

Os pavimentos de madeira apresentam as seguintes anomalias:

Desgaste das superfícies pelo uso contínuo dos pavimentos ao longo dos anos;

Degradação / podridão de algumas das vigas de madeira existentes pela presença da humidade, em particular junto às entregas e também a degradação provocada por insetos xilófagos;

Ligações deficientes aos apoios nas paredes de alvenaria de pedra por perda de material.



Figura 41: Degradação nos pavimentos de madeira

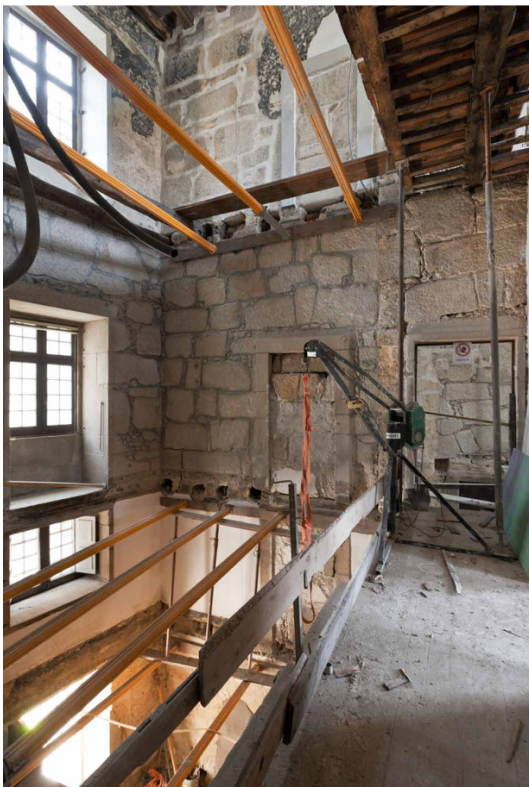


Figura 42: Reabilitação do pavimento de madeira



Figura 43: Pormenor da parede de tabique em contacto com o pavimento

As paredes da torre e igreja dos Clérigos não apresentavam grandes anomalias. Porém, na Igreja as paredes de alvenaria de pedra apresentam algumas fissuras como resultado das paredes não terem um travamento eficaz. Também se verifica a degradação do reboco em algumas paredes de alvenaria de pedra, tendo o reboco sido retirado anteriormente à intervenção em grande parte dos compartimentos existentes



Figura 44: Parede interior em tabiques



Figura 45: Parede exteriores em alvenaria de pedra

A cobertura não apresentava grandes anomalias. Nos anos oitenta a DGEMN construiu uma nova estrutura de cobertura composta por vigas de betão armado e uma laje aligeirada em substituição da cobertura de madeira existente na altura. Esta laje é complementada pelo sistema de tirantes existentes ao nível da abóboda

4.4. Técnicas de reabilitação de elementos construtivos

As técnicas usadas para reabilitar os pavimentos tiveram como objetivo manter as características principais do edifício como por exemplo os pavimentos de madeira.

As técnicas usadas foram:

- Técnica de reforço com elementos de madeira.
- Uso de tirantes
- Reconstrução de troços de vigas/próteses de madeira.
- Tratamento com um fungicida.
- Demolição e substituição do pavimento por um novo.

As paredes da torre e Igreja dos Clérigos não apresentavam grandes anomalias, no entanto na zona da igreja as paredes de pedra apresentavam algumas fendas pelo movimento das paredes.

A técnica usada para reabilitar as paredes foi a aplicação de tirantes para contraventamento das paredes no corpo dos aposentos da irmandade, introduzidos ao nível dos diversos pisos (4 pisos) de forma oculta, entre o revestimento do piso em madeira e o teto de madeira (duplo revestimento onde se colocou isolamento acústico e as infraestruturas).

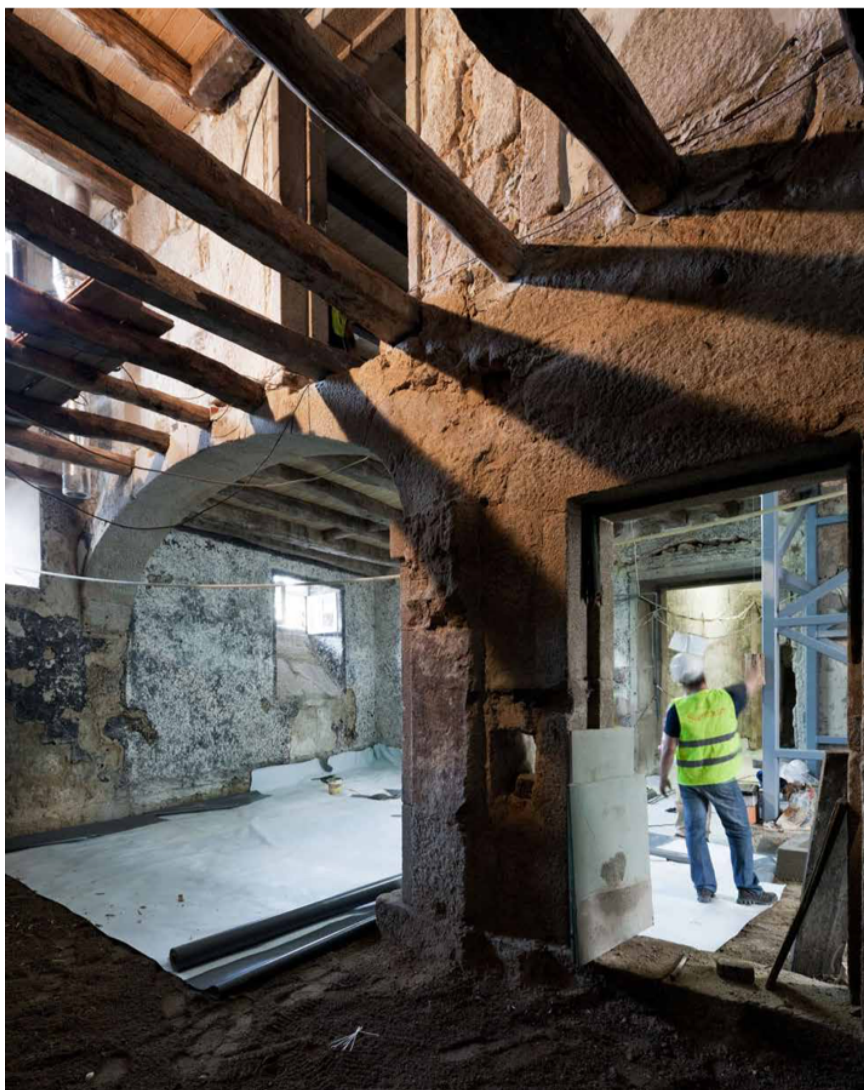


Figura 46: Parede de alvenaria de pedra

Universidade Lusófona do Porto

O edifício que abriga hoje a ULP foi originalmente construído no século XX. Durante este período, a cidade do Porto experimentava um crescimento urbano significativo, com a construção de novos edifícios para atender às necessidades industriais e comerciais emergentes.

A arquitetura original do edifício reflete as tendências do início do século XX, com uma estrutura robusta, característica dos edifícios da época. Uma construção com materiais simples como a madeira e a pedra, coberturas em telha cerâmica e as caixilharias em madeira do tipo guilhotina. Com a adaptação do antigo recolhimento a instalações da Universidade Lusófona, o projeto substituiu grande parte dos sistemas construtivos existentes por sistemas mais recentes, introduzindo estruturas de betão armado e alguns elementos metálicos, aproveitando parcialmente as paredes autoportantes em pedra da construção original. Produziu também uma alteração significativa no funcionamento e organização espacial do edifício resultante da adaptação a esta nova função, utilizando novas paredes divisórias em tijolo e gesso cartonado, substituindo praticamente todos os caixilhos por novos caixilhos metálicos no interior da construção.

Da construção inicial só restou praticamente a envolvente exterior (paredes, vãos e algumas caixilharias). A restante construção é completamente nova e corresponde à remodelação e adaptação do edifício existente para um novo uso.



Figura 47: Vista da Universidade Lusófona do Porto antes da construção do viaduto

5.1. Características construtivas/ Técnicas de reabilitação

Antes das obras de adaptação para instalação da ULP, o edifício teria as características construtivas idênticas às da maioria das construções existentes no Porto desta época.

A pedra era usada a nível estrutural, principalmente nas fundações, pavimentos térreos e paredes exteriores. As fundações do edifício serão fundações diretas de alvenaria de pedra, com uma profundidade variável. As paredes exteriores em alvenaria de pedra, que preserva, e também algumas de travamento no interior, as restantes seriam provavelmente de tabiques de madeira.



Figura 48: Vista da Universidade Lusófona do Porto

A pedra e a madeira foram, durante séculos, os materiais mais usados na construção na construção da cidade.

A madeira era utilizada sobretudo nos pavimentos, paredes interiores e estrutura das coberturas pelo baixo custo e elevada resistência.

Na construção dos edifícios mais antigos, a madeira maioritariamente utilizada era o carvalho, visto que apresentava melhores características mecânicas. Também era usado o castanho e o pinho que eram madeiras autóctones e com facilidade de se encontrarem localmente.

Como já se referiu anteriormente com as obras de adaptação para instalação da Universidade Lusófona substituiu-se grande parte dos sistemas construtivos existentes por sistemas mais recentes. Esta alteração tão profunda terá sido determinada pelo novo programa de adaptação a uma escola e às exigências quer do ponto de vista estrutural, (cargas e solicitações diferentes) quer de segurança contra incêndios.

As estruturas de madeira foram substituídas por estruturas de betão armado nos pavimentos e na laje de cobertura (lajes maciças ou aligeiradas).

Algumas patologias visíveis nos pavimentos em marmorite, que correspondem a uma fissuração generalizada, parecem resultar da deficiente aplicação deste material ou das juntas metálicas não serem em número suficiente.



Figura 49: Fissuras no pavimento em marmorite

As paredes tradicionais de tabiques, foram substituídas por paredes de alvenaria de tijolo e de gesso cartonado. Algumas das patologias visíveis são humidades resultantes de entradas de águas ou presença de água por capilaridade. Podem observar-se também algumas zonas com salitre resultantes destas humidades.



Figura 50: Paredes interiores



Figura 51: Humidade na prede interior

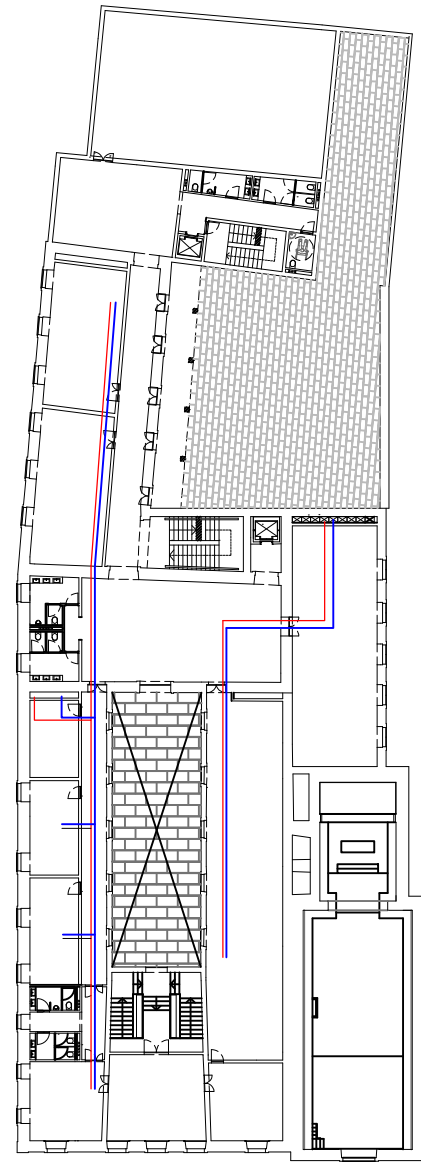
A cobertura é constituída por uma laje de betão com revestimento com telha do tipo marselha, e o beirado em telha do tipo canudo. Originalmente esta cobertura além de ter outra configuração e desenvolvimento teria uma estrutura de madeira de suporte revestida com telha, provavelmente tipo canudo sem forro (telha vã).



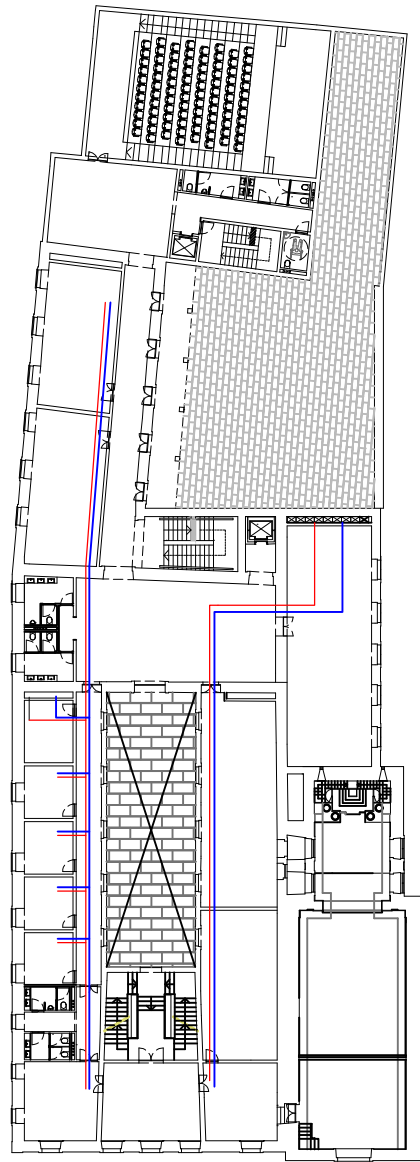
Figura 52 e 53: Cobertura

A técnica de reabilitação apropriada para este caso seria o uso de uma subtelha e isolamento térmico sob a telha vã, garantindo maior isolamento térmico e evitando infiltrações de água, como preconizado no projeto.

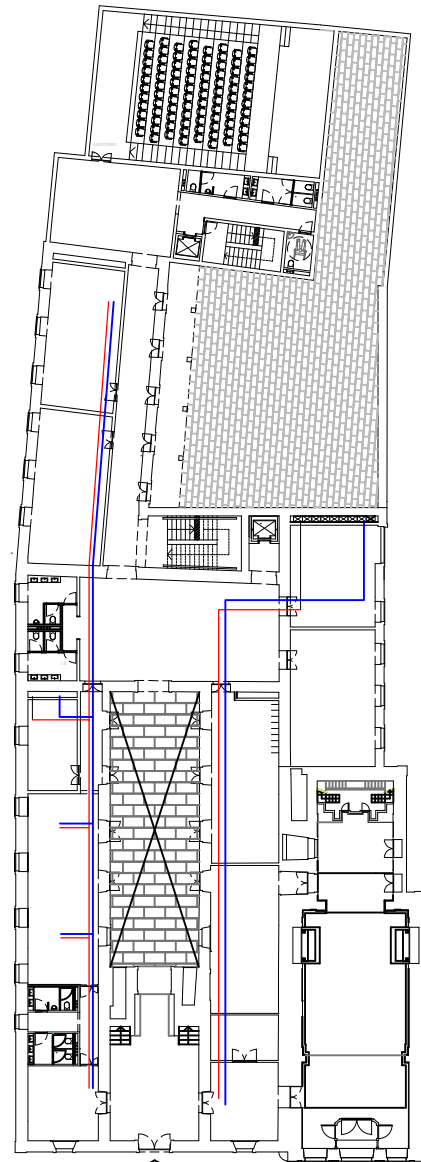
Após a análise de todas as patologias e os métodos de reabilitação adequados para a reabilitação, o meu projeto propõe a substituição da cobertura por uma subtelha com isolamento térmico sob a telha vã. Nas paredes exteriores serão reabilitados por um reboco armado para resolver os problemas de fissuração e isoladas no interior, enquanto as paredes interiores mantêm as mesmas de tijolo com exceção das novas que seriam de gesso acartonado. Nos pavimentos térreos e superiores seria construído um novo pavimento de madeira.



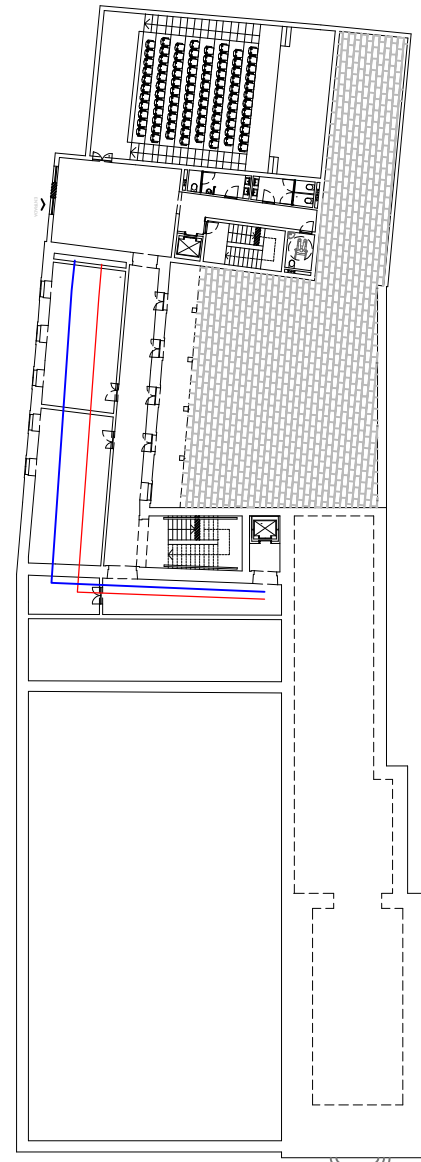
PISO 2



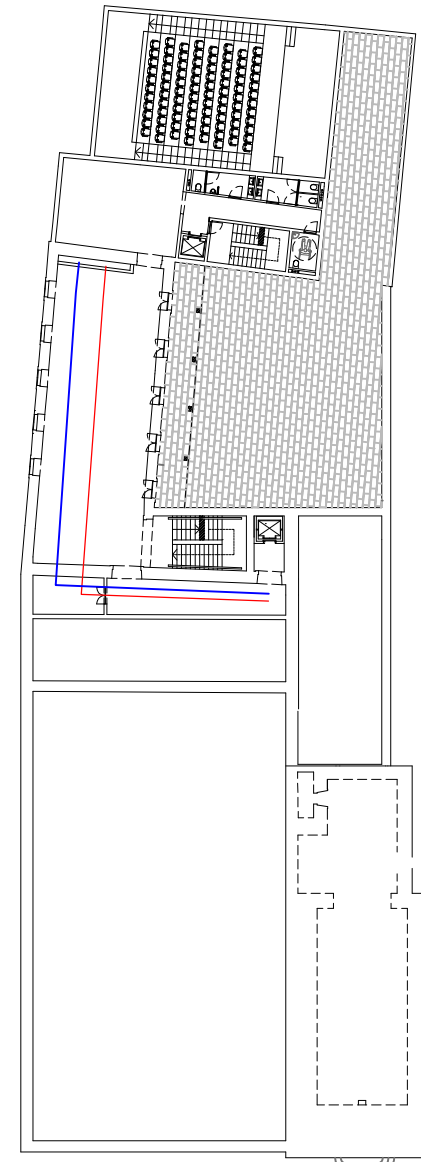
PISO 1



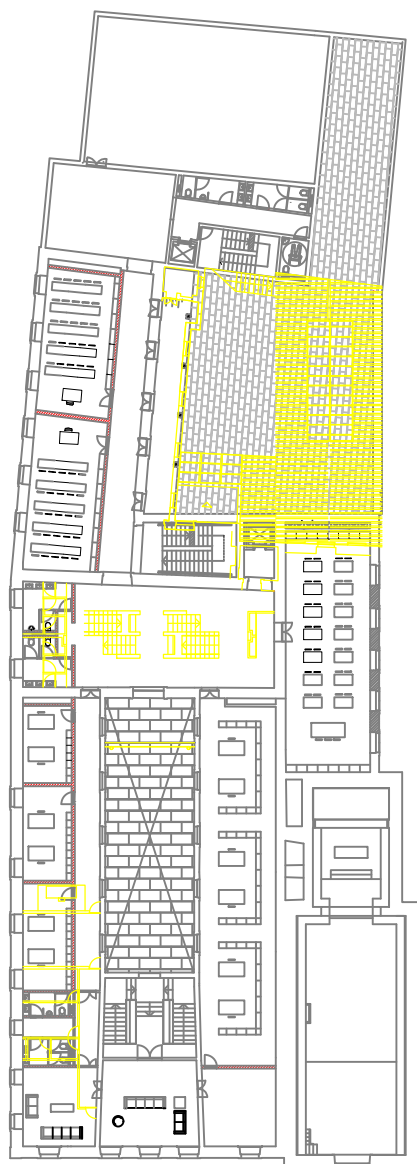
PISO 0



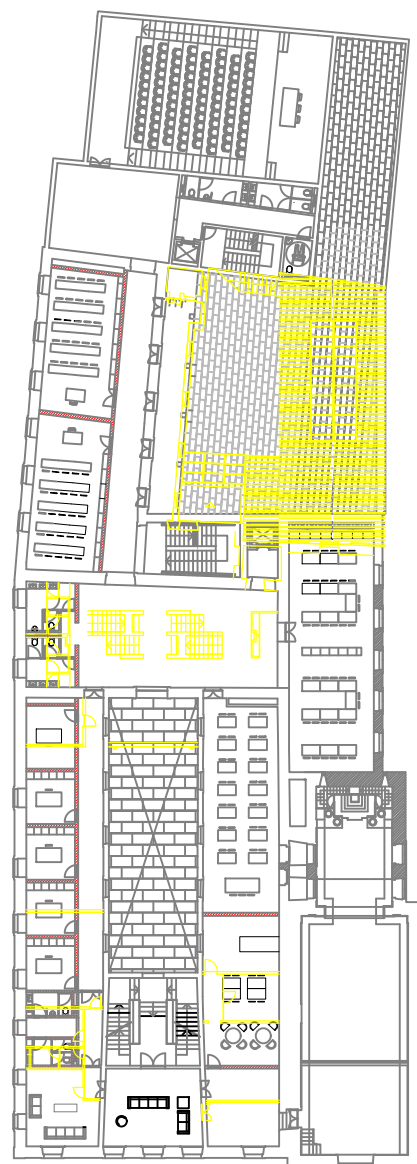
PISO -1



PISO -2



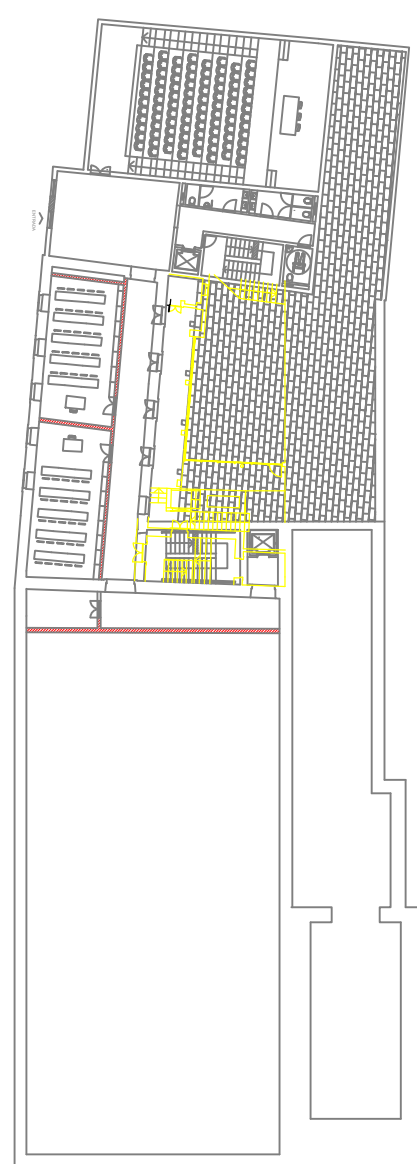
PISO 2



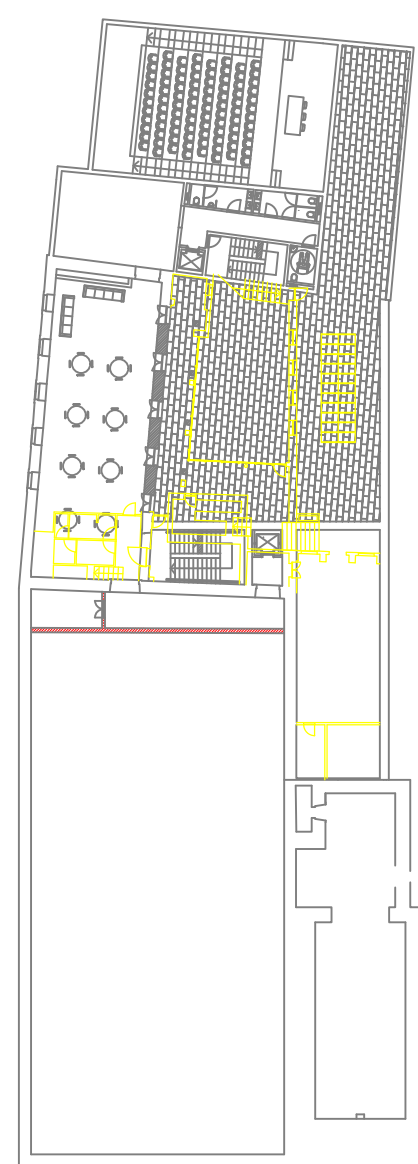
PISO 1



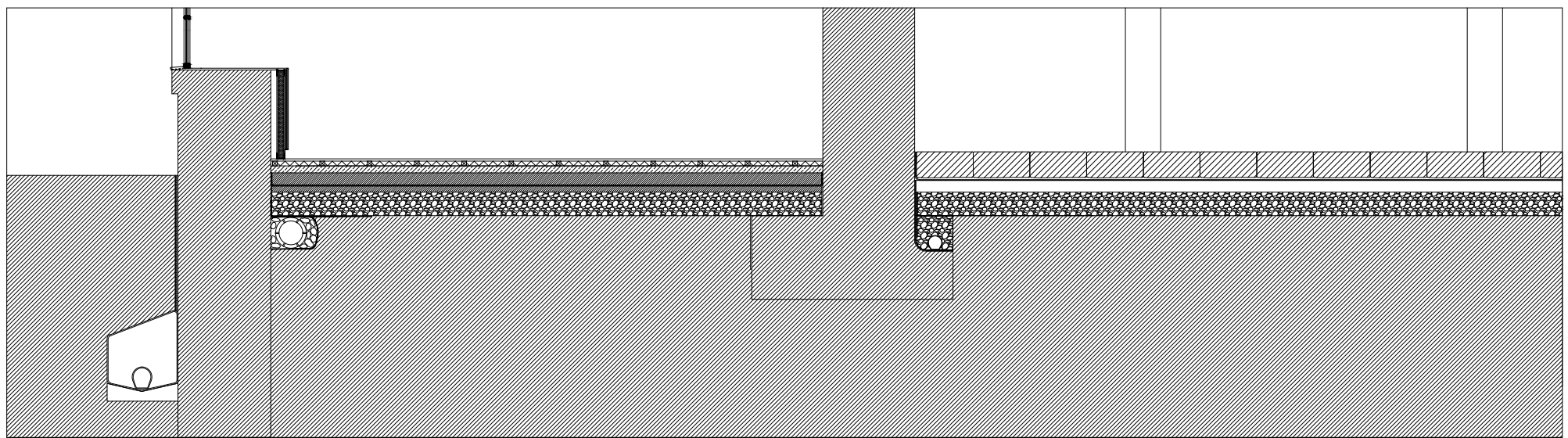
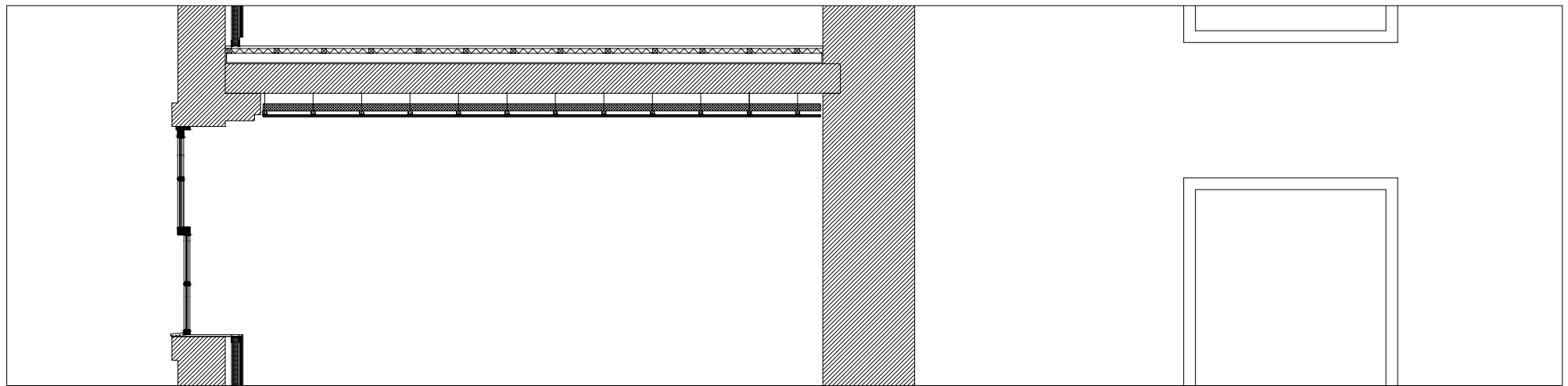
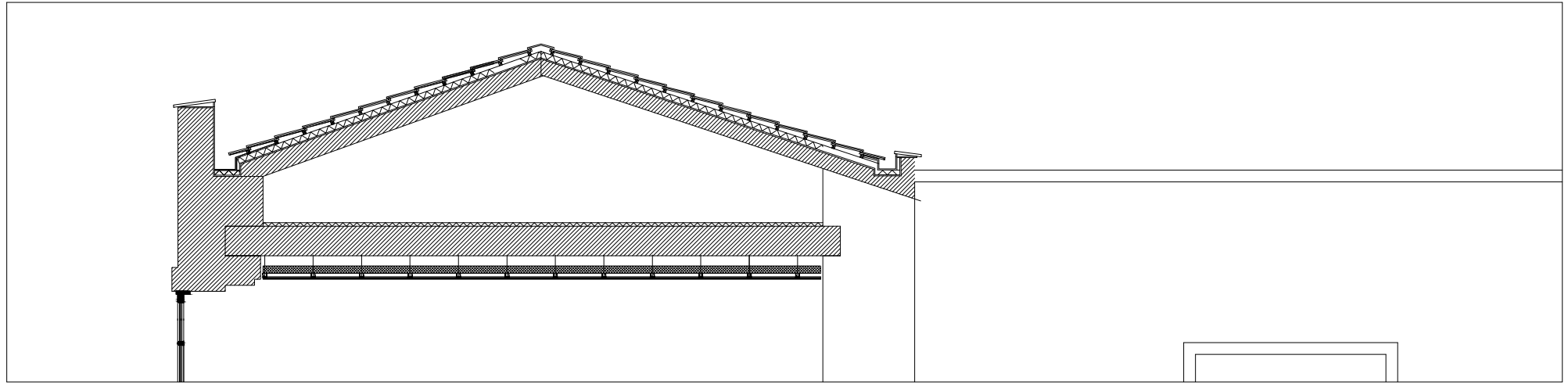
PISO 0



PISO -1



PISO -2



Considerações Finais

6.1 Conclusão

Neste capítulo apresento as conclusões principais abordados ao longo do trabalho sobre os “Métodos e Sistemas Construtivos na Reabilitação de Edifícios Antigos”.

A reabilitação de edifícios antigos é um trabalho que exige um conhecimento dos sistemas construtivos antigos. O trabalho apresenta os métodos de reabilitação mais apropriados e eficientes para os edifícios antigos, com o objetivo de preservar as características originais.

Com a análise das construções tradicionais e suas patologias, considerou-se importante o uso de técnicas de reabilitação que preservam os materiais originais e a imagem do edifício.

Nas fundações, pavimentos, paredes e coberturas são descritas as principais características de construção de cada área nos edifícios, sendo apresentado os métodos e técnicas de reabilitação mais comuns para solucionar os problemas existentes.

A reutilização de materiais ou a incorporação de novos materiais tradicionais, bem como a própria reabilitação do edificado é um contributo importante para a sustentabilidade da construção.

Preservar os métodos e sistemas construtivos tradicionais de edifícios antigos contribui para a preservação da autenticidade construção contribuindo para a preservação do património arquitetónico.

Bibliografia

Sampaio da Costa, Luís Filipe. **Tipificações de Soluções De Reabilitação De Pavimentos Estruturais Em Madeira Em Edifícios Antigos**. Relatório de Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil- Especialização em Construções Civas- Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Janeiro de 2009

Silva Almeida, Tânia Marisa. **Técnicas de Reabilitação e Reforço Em Edifícios Tradicionais**. Dissertação de Grau de Mestre em Engenharia Civil- Universidade de Aveiro, 2015

Cameira Lopes, Miguel Alberto. **Tipificações de Soluções de Reabilitação de Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Antigos**. Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007

Ferreira Neves, Tiago Filipe. **Práticas e metodologias para reabilitação de edifício antigo**. Relatório de Estágio Submetido para Satisfação Parcial dos Requisitos do Grau de Mestre em Engenharia Civil- Ramo de Construções, Instituto Superior de Engenheiro do Porto, Outubro de 2018

Quintas da Silva Magalhães, Diogo João. **SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Vital Rodrigues, Jorge Miguel. **Principais Técnicas de Consolidação e Reforços de Paredes de Edifícios Antigos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Reabilitação de Edifícios, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Outubro 2010

Nicolau Gomes, Rafael. **Sistema Estrutural de Edifícios Antigos de Lisboa- Os Edifícios “Pombalinos” e os Edifícios “Gaioleiros”**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro 2011

Vitor Córias. Agosto de 2007. Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos Técnicas Pouco Intrusivas. Argumentum. 342 palavras

Consolidação com Calda de Cimento. Solotrat. Disponível em:
<https://www.solotrat.com.br/consolidacao-com-calda-de-cimento.php>

Reforço de Fundações. Contel Obras e Serviços Ltda. Disponível em:
<https://www.contel.com.br/reforco-fundacao>

Reforço de Fundações Profundas. Disponível em:
https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano5/seminario/trabalhos/RRF_DESACTIVADO_POR_ALVARO_AZEVEDO/Trabalho/Solucoes/Profundas/Ref%20de%20Fun%20Pro/reforco_de_fundacoes_profundas.htm

Estacas para Reforço de Fundações. Progeo. Disponível em:
<https://www.progeo.com.br/estacas-reforco-fundacao>

Reparação e Reforço. Reforço Sísmico. Disponível em:
<https://informacoeseservicos.lisboa.pt/reforco-sismico/guia-de-boas-praticas/pavimentos/repacao-e-reforco>

Injeção de Epóxi. Montante Impermeabilizações e Engenharia. Disponível em:
<https://montante.net/injecao-de-epoxi/>

Enchimento de Juntas de Alvenaria. Desoi. Disponível em:
<https://pt.desoi.de/catalog/pt/145000/>

Reforço de vigas de madeira com laminado de carbono pré-esforçados. Reabilitação de Estruturas de Madeira. Pedra&Cal, Ano VII- Nº 29 Janeiro 2006

Balseiro, A.; Negrão, J.; Faria, J.A. Reforço de vigas de madeira com laminados de carbono pré-esforço. Volume 6, Nov. 2008, Lisboa, pp 14-24, ISSN 1645-5576, publicada por Construlink.com - Tecnologias de Informação, S.A. Novembro de 2008

José Manuel das Neves- Igreja \$ Torre dos Clérigos. ISBN 978-989-8456-91-5.

Edifício do Mercado do Bolhão, Relatório de inspeção e diagnóstico estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto- Julho 2009.