



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Rogério Manuel Ferreira Pinto de Queirós

**ANÁLISE COMPARATIVA E INTEGRADA DE
ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL
DE EDIFÍCIOS ANTIGOS**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Reabilitação de Edifícios, no ramo de Reabilitação Estrutural orientada pelo Professor Doutor Tiago Miguel dos Santos Ferreira e pelo Professor Doutor Romeu da Silva Vicente e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia ao Departamento de Engenharia Civil

Março de 2020

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Rogério Manuel Ferreira Pinto de Queirós

ANÁLISE COMPARATIVA E INTEGRADA DE ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

COMPARATIVE AND INTEGRATED ANALYSIS OF STRUCTURAL REHABILITATION STRATEGIES FOR OLD BUILDINGS

Dissertação no âmbito do Mestrado em Reabilitação de Edifícios, no ramo de Reabilitação Estrutural
orientada pelo Professor Doutor Tiago Miguel dos Santos Ferreira e pelo Professor Doutor Romeu da Silva Vicente

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Março de 2020



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

RESUMO

A informação sobre uma análise comparativa e integrada de diferentes estratégias de reabilitação estrutural de edifícios antigos (entenda-se por edifícios antigos, edifícios anteriores à época do advento do betão armado em meados do século XX), é ainda limitada, particularmente aquela relativa a custos em obras de reabilitação.

Este trabalho pretende fazer um enquadramento das estratégias de reabilitação mais comumente adotadas em Portugal e discutir as principais abordagens e critérios a adotar no âmbito das boas práticas defendidas pelas instituições nacionais e internacionais de referência no setor.

Para este efeito, são analisados dois casos de estudo considerados representativos de duas correntes de reabilitação em Portugal; um exemplo que segue as boas práticas de reabilitação, e um exemplo de demolição parcial e reconstrução, conhecido como “fachadismo”.

A comparação entre os dois casos de estudo integra a caracterização construtiva dos edifícios, a caracterização das soluções adotadas, o fluxo de materiais gerados por cada um dos casos mediante as metodologias de projeto adotadas, a análise e comparação financeira entre as diferentes abordagens, incluindo a análise detalhada dos fatores que contribuem para essa variação económica, e, finalmente, uma análise crítica do ponto de vista da sustentabilidade das soluções.

O contributo mais significativo deste trabalho, centra-se na apresentação de fichas de custo de pormenores de reabilitação estrutural, divulgando rendimentos e metodologia de quantificação de custos em trabalhos específicos de reforço e reabilitação estrutural, onde a informação é ainda muito limitada, adicionando esta informação a um pormenor passível de ser utilizado em reabilitação sísmica, no caso, reboco armado.

A comparação financeira entre dois casos de estudo de obras reais, avaliando as principais diferenças e localizando-as, analisando o contributo percentual de cada capítulo para o preço total da empreitada e quantificando o custo por metro quadrado, acrescentando na mesma medida o impacto financeiro que uma medida de reforço sísmico teria numa das empreitadas, entende-se serem contributos positivos deste trabalho na divulgação de informação, ainda escassa neste âmbito.

Palavras-chave: Reabilitação Estrutural, Custos, Reabilitação Sustentável. Fluxo de Materiais, Inspeção e Diagnóstico

ABSTRACT

Information on a comparative and integrated analysis of different strategies for structural rehabilitation of old buildings (buildings built before the advent of reinforced concrete in the mid-20th century), is still limited, particularly that relating to costs in rehabilitation works.

This work aims to provide a framework for the rehabilitation strategies most commonly adopted in Portugal and discuss the main approach and criteria to be adopted within the scope of good practices defended by the national and international institutions of reference in the sector.

For this purpose, two case studies considered representative of two streams of rehabilitation in Portugal are analyzed; an example that follows good rehabilitation practices, and an example of partial demolition and reconstruction, known as. *façadism*.

The comparison between the two case studies integrates the constructive characterization of the buildings, the characterization of the solutions adopted, the flow of materials generated by each of the cases through the design methodologies adopted, the analysis and financial comparison between the different approaches, including the detailed analysis of the factors that contribute to this economic variation, and, finally, a critical analysis from the point of view of the sustainability of the solutions.

The most significant contribution of this work, focuses on the presentation of cost sheets of structural rehabilitation details, disclosing yields and cost quantification methodology in specific structural reinforcement and rehabilitation works, where the information is still very limited, adding this information to a detail that can be used in seismic rehabilitation, in this case, reinforced plaster.

The financial comparison between two case studies of real works, evaluating the main differences and locating them, analyzing the percentage contribution of each chapter to the total price of the contract and quantifying the cost per square meter, adding in the same measure the financial impact that a seismic reinforcement measure would have one of the contracts, it is understood to be positive contributions of this work in the dissemination of information, which is still scarce in this area.

Keywords: Structural Rehabilitation, Costs, Sustainable Rehabilitation. Materials Flow, Inspection and Diagnosis

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REABILITAÇÃO DO EDIFICADO EXISTENTE.....	3
2.1. Inspeção e Diagnóstico.....	4
2.1.1. Importância na Conservação e Escolha de Estratégias de Intervenção.....	7
2.1.2. Impacto Económico e Sustentabilidade	8
2.2. Condicionantes das Intervenções em Contexto Urbano	13
3. CASO DE ESTUDO A	13
3.1. Apresentação/Caracterização.....	16
3.2. Soluções de Pormenor de Reabilitação Estrutural Aplicadas e Custo Unitário Correspondente.....	22
3.2.1. Reforço Estrutural da Entrega das Vigas de Pavimento na Parede de Alvenaria de Pedra.....	22
3.2.2. Apoio de Viga de Madeira Nova, maciça ou Lamelada, em Parede de Alvenaria de Pedra Através de Peça Metálica.....	27
3.2.3. Reforço de Paredes de Tabique Existentes com Placas de OSB 3.....	30
3.3. Fluxo de Materiais	32
3.4. Análise de Custo.....	34
3.5. Análise de Sustentabilidade.....	36
3.6. Proposta de Uma Possível Solução de Reforço Sísmico e análise do Seu Impacto Económico.....	38
4. CASO DE ESTUDO B.....	44
4.1. Apresentação/Caracterização.....	45
4.2. Soluções de Reabilitação Aplicadas	50
4.3. Fluxo de Materiais	53
4.4. Análise de Custo.....	54
4.5. Análise de Sustentabilidade.....	56
5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS DE ESTUDO.....	58
5.1. Caracterização Geral.....	58
5.2. Análise das Soluções Adotadas	59
5.3. Fluxo de Materiais	59
5.4. Comparação de Custo.....	61
5.5. Análise Comparativa de Sustentabilidade	64
6. CONCLUSÕES.....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Definição de construção sustentável.....	11
Figura 2 – Alçado Frontal.....	17
Figura 3 – Alçado Tardoz.....	17
Figura 4 – Corte Transversal.....	18
Figura 5 – Corte Transversal.....	18
Figura 6 – Planta de Cobertura.....	19
Figura 7 – Pormenor Pavimento Existente.....	19
Figura 8 – Fachada frontal antes de reabilitado.....	20
Figura 9 – Fachada frontal após reabilitação.....	20
Figura 10 – Alçado tardoz antes de reabilitado.....	20
Figura 11 – Alçado tardoz após reabilitação.....	20
Figura 12 – Fundação	21
Figura 13 – Estrutura dos pisos de madeira	21
Figura 14 – Estrutura da cobertura em processo de reabilitação	21
Figura 15 – Parede em taipa de fasquio.....	22
Figura 16 – Parede de tabique	22
Figura 17 – Alçado do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra	23
Figura 18 – Corte do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra	23
Figura 19 – Pormenor da tábuia do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra.....	24
Figura 20 – Pormenor com entalhe a 45° reaproveitando vigamentos existentes	25
Figura 21 – Ficha de custo de reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra	26
Figura 22 – Alçado do pormenor de ligação de viga de madeira com parede de alvenaria através de sapata metálica.....	27
Figura 23 – Corte do pormenor de ligação de viga de madeira com parede de alvenaria através de sapata metálica	28
Figura 24 – Pormenor de ligação com sapata metálica	29
Figura 25 – Ficha de custo de apoio de viga de madeira em parede de alvenaria de pedra através de sapata metálica.....	29
Figura 26 – Pormenor de reforço de parede de tabique.....	30
Figura 27 – Parede de tabique antes de reforço com placa de OSB 3.....	31
Figura 28 – Parede de tabique após reforço com placa de OSB3	31
Figura 29 – Ficha de custo de reforço de paredes de tabique existentes com placas de OSB 3.....	32

Figura 30 – Pormenor de reboco armado	39
Figura 31 – Exemplo de aplicação da rede e projeção da primeira camada de microbetão...	40
Figura 32 – Ficha de custo de consolidação de paredes de alvenaria com microbetão projetado	41
Figura 33 – Fotografias de meados do século XX onde se identifica o edificio em estudo....	44
Figura 34 – Alçado Frontal	45
Figura 35 – Alçado Tardoz	46
Figura 36 – Corte Transversal	46
Figura 37 – Corte Transversal	47
Figura 38 – Planta de Cobertura	47
Figura 39 – Fachada frontal antes de reabilitado	48
Figura 40 – Fachada frontal após reabilitação	48
Figura 41 – Nova fachada posterior	49
Figura 42 – Estrutura de pisos existentes a demolir	49
Figura 43 – Parede de tabique a demolir	49
Figura 44 – “Miolo” demolido e fundação existente	49
Figura 45 – Fachada posterior a ser demolida	50
Figura 46 – Betonagem de novo piso	50
Figura 47 – Alvenarias em bloco de termoargila	50
Figura 48 – Planta de fundações	51
Figura 49 – Betonagem de muros periféricos	51
Figura 50 – Laje aligeirada do piso 0	52
Figura 51 – Laje maciça do piso 2	52
Figura 52 – Estrutura da cobertura	52
Figura 53 – Novo alçado posterior	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidades de resíduos gerados no caso de estudo A	33
Tabela 2 – Quadro resumo da proposta do caso de estudo A	35
Tabela 3 – Quadro resumo da proposta do caso de estudo A com adicional de reforço sísmico	42
Tabela 4 – Quantidades de resíduos gerados no caso de estudo B	53
Tabela 5 – Quadro resumo da proposta do caso de estudo B	55
Tabela 6 – Indicadores comparativos de resíduos gerados	60
Tabela 7 – Quadro comparativo de preços unitários	62

1 INTRODUÇÃO

Numa altura em que, no mercado da construção em Portugal, a reabilitação atravessa um período de enorme vigor, a presente dissertação aborda a problemática da reabilitação estrutural de edifícios existentes de alvenaria de pedra através da análise crítica de dois casos reais de reabilitação, com abordagens distintas representativas da realidade da reabilitação de edifícios em Portugal.

A reabilitação é um bem necessário a um mercado da construção que se quer diferente e definitivamente virado para a sustentabilidade, numa alteração clara de paradigma, após décadas em que o mercado era inteiramente dominado pela construção nova, e num assumir de responsabilidade condizente com o elevado impacto ambiental do setor. Ao mesmo tempo, foram-se deixando os edifícios antigos ao abandono, ficando devolutos, e os centros das principais cidades, até há poucos anos, era a imagem dessa degradação e do conseqüente abandono social. Felizmente o paradigma mudou, e a reabilitação passou a prática e tornou-se sinónimo de sustentabilidade na construção.

Porém, nem o mercado, nem a legislação em vigor, completamente voltada para a construção nova e, por isso, profundamente desajustada aos paradigmas da reabilitação, estavam preparados para esta mudança de paradigma. Resultado de uma conjuntura económica favorável, sobretudo pela procura turística que o país começou a ter, nomeadamente os centros das principais cidades, o mercado virou-se para a reabilitação e era necessário ajustar a legislação. Em reconhecimento dessa desadequação, surge o regime excecional para a reabilitação urbana, através do decreto-lei n.º 53/2014, o qual, no entanto, se revelou desajustado e permissivo, conduzindo a uma falta de critério e qualidade patente em muitas obras de reabilitação. Para tal, contribuiu definitivamente o facto de este decreto dispensar algumas regras gerais de alguma da legislação técnica aplicada à construção. Neste período, e até à publicação do decreto-lei n.º 95/2019, de 18 de julho, o qual veio revogar o anterior, passaram-se cinco anos em que muita obra de reabilitação se fez, mas que, em consequência dessas obras, muito património edificado foi destruído.

Por outro lado, os intervenientes: projetistas, donos de obra e empresas de construção, habituados à construção nova, não estavam preparados para as singularidades da reabilitação. Com efeito, a “arte de bem reabilitar”, e o conhecimento que lhe dá suporte era quase inexistente e a mão-de-obra qualificada para este tipo de intervenção era (e ainda o é) extremamente escassa. Igualmente escassa, é a informação relacionada com os processos de reabilitação, nomeadamente decomposição de preços de novas tarefas associadas reabilitação. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é divulgar informação relacionada com os custos associados a casos reais de reabilitação, com abordagens distintas. Pretende-se no final deste trabalho responder às seguintes questões:

- Qual a importância da inspeção e diagnóstico num processo de reabilitação, na ótica da preservação, sustentabilidade e custos?

- Quais as condicionantes das intervenções de reabilitação em contexto urbano?
- Qual a composição de custo e custo final de pormenores próprios de reabilitação estrutural?
- Qual a diferença de fluxo de matérias entre abordagens diferentes de reabilitação?
- Quais as diferenças do impacto económico entre abordagens diferentes de reabilitação?
- Análise de sustentabilidade de diferentes abordagens em contexto de reabilitação;
- Qual o impacto económico de reforço sísmico num caso real?

Em termos de organização, esta dissertação desenvolve-se em seis capítulos, sendo que destes, o presente capítulo (Capítulo 1) é dedicado à introdução do trabalho e o Capítulo 6 é dedicado à sistematização das principais conclusões e à definição de alguns trabalhos futuros. O Capítulo 2 é dedicado ao estado da arte, onde se faz uma abordagem à reabilitação do edificado existente, onde se discutem as principais especificidades da reabilitação face à construção nova, a importância da inspeção e diagnóstico no contexto da reabilitação e o seu papel chave no desenvolvimento de uma intervenção desta natureza, quer na importância da preservação das pré-existências, quer no contexto económico e sustentável. Aborda-se ainda as condicionantes em contexto urbano que uma obra de reabilitação implica.

No Capítulo 3 apresenta-se o caso de estudo A, como exemplo de boas práticas de reabilitação. Discutem-se alguns pormenores de reabilitação estrutural aplicados, o processo de decomposição de cada um deles em fichas de custo, o fluxo de materiais de “saída” correspondente à intervenção. Faz-se igualmente uma análise do custo global, e por capítulos, da empreitada, analisa-se a intervenção sob o ponto de vista da sustentabilidade e, por fim, apresenta-se um exemplo de reforço sísmico, com a correspondente ficha de custo de forma a discutir o impacto económico que essa intervenção de reforço teria no valor global da empreitada.

No Capítulo 4 apresenta-se o caso de estudo B, como exemplo de más práticas de reabilitação, conhecido como “fachadismo”. Tal como no caso de estudo A, caracterizam-se e discutem-se as soluções aplicadas, avalia-se o fluxo de materiais de “saída”, os custos globais e por capítulo, e, por fim, avalia-se a sustentabilidade da intervenção.

No Capítulo 5 faz-se a comparação crítica dos dois casos de estudo mediante os parâmetros de caracterização das soluções aplicadas, do fluxo de materiais, do custo e da sustentabilidade.

2 REABILITAÇÃO DO EDIFICADO EXISTENTE

Neste capítulo, importa abordar alguns dos principais fatores distintivos daquilo que é uma intervenção de reabilitação, daquilo que é a construção nova. Nomeadamente, logo na abordagem inicial, onde é fundamental uma correta ação de inspeção e diagnóstico, determinante no levantamento dos elementos com possibilidade de conservação e no consequente direcionamento da estratégia de intervenção, que determinará o impacto da intervenção do ponto de vista económico e sustentável. É sobejamente conhecida e reconhecida a importância da reabilitação, desde logo pela preservação do património arquitetónico que em si próprio contém grande parte da história e da identidade de cada povo enquanto sociedade. Mas também pelas vantagens desta prática, do ponto de vista económico e da sustentabilidade material e ambiental. O mundo atravessa hoje o grande problema do aquecimento global, e os consequentes efeitos das mudanças climáticas fazem-se sentir à mesma escala. As causas desta problemática estão identificadas, urge tomada de medidas efetivas, transversal aos mais diversos sectores de atividade, no sentido de limitar e controlar as atividades poluidoras com efeitos prejudiciais ao meio ambiente. A mudança de hábitos e processos num conceito de sustentabilidade, é absolutamente necessária na transversalidade dos setores da atividade humana.

O setor da construção é responsável pelo consumo de 30% a 40 % da energia produzida mundialmente. É responsável pelo consumo de 50% dos recursos retirados da natureza, pela produção de 50% dos resíduos produzidos em cada país e, cerca de 40% da energia consumida na Europa está relacionada com os gastos em edificações (Dias, 2012). É fundamental que o setor da construção rume numa direção sustentável desde o ciclo de vida dos inúmeros materiais utilizados a todos os processos envolvidos. Neste sentido, a importância que a reabilitação toma no setor da construção e o crescimento que tem vindo a ter nos últimos anos em Portugal é incontornável e indispensável.

Necessariamente, falar em desenvolvimento sustentável é falar em construção sustentável e, consequentemente, em reabilitação. Manter as preexistências diminui a quantidade de resíduos derivados de demolições, e diminui a quantidade de materiais a serem aplicados, por si só, fatores preponderantes no impacto ambiental da intervenção. Claro está que a melhoria introduzida nas questões da eficiência energética do edifício após intervenção é também um fator importante nesta temática.

Neste capítulo, serão também abordadas condicionantes às intervenções de reabilitação em contexto urbano, estes tipos de intervenção localizam-se sobretudo nos centros históricos das cidades onde as condições de acessibilidades são muito condicionadas: ruas estreitas, grande volume de tráfego e de pessoas, edifícios vizinhos, comércio, etc. Para além de uma estreita articulação com as entidades públicas, como câmara municipal, responsável pela emissão de licenças, e em muitos dos casos com as forças de autoridade locais para acompanhamentos de tarefas como sejam cargas e descargas de materiais, betonagens ou cargas para vazadouro,

tarefas que exigem frequentemente condicionamentos de trânsito, ou mesmo cortes totais de via. É também necessário engenho no planeamento de execução destas tarefas, cuidados redobrados em fase de orçamento e uma grande disponibilidade física das equipas de produção devido às grandes quantidades de trabalho braçal necessário.

2.1 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

Antes de se dar início a um projeto de reabilitação, é fundamental a realização de um eficiente relatório de inspeção e diagnóstico. Este é também, um importante ponto diferenciador das obras de reabilitação de edifícios em comparação com a construção nova, que por motivos que se compreendem não necessita deste procedimento.

Na bibliografia sobre a temática de reabilitação de edifícios é unânime entre os autores mais referenciados, a indispensabilidade da realização de uma ação de inspeção e diagnóstico competente para o sucesso da intervenção. Para tal, esta deve obedecer a um conjunto de pressupostos mais ou menos definidos e comuns aos diferentes autores, como sendo a análise histórica, o rigoroso levantamento geométrico, caracterização estrutural do sistema construtivo e dos materiais utilizados, plano e execução de ensaios e prospeções, levantamento das patologias e identificação das causas que lhe estão na origem. Com base na análise feita deve ser proposta/recomendada a intervenção que deverá ser feita, ou pelo menos a orientação que deverá ser tomada, cabendo ao projetista definir as soluções. Por fim, poderá ou não, ser incluída uma ou mais estimativas orçamentais para a/as intervenções propostas.

A importância de um correto relatório de inspeção e diagnóstico é fundamental na metodologia de intervenção a seguir, servindo de ponto de partida para o projeto de execução e um apoio indispensável ao dono de obra para tomada de decisões, nomeadamente de índole financeira.

Em *“Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos”* (Cóias,2007), pode ler-se: *“O estudo e caracterização das construções envolvem:*

- *O levantamento da sua geometria, dos materiais constituintes e das suas anomalias.*
- *A caracterização dos materiais constituintes, incluindo a avaliação das suas propriedades e a caracterização das suas alterações.”*

Em *“Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos”* (Freitas, 2012), é referido como *“fundamental que o Estudo de Diagnóstico (que pode ser entendido como o estudo prévio) seja realizado por técnicos experientes, familiarizados com as diversas técnicas tradicionais de construção, no que respeita aos materiais e ao seu comportamento ao longo do tempo.”* Refere que de forma geral (sem entrar em grandes detalhes) que a metodologia a seguir deverá cumprir os passos seguintes:

- “1. Pesquisa histórica de forma a ser identificada a funcionalidade presente e passada da construção. O conhecimento da data de construção, dos critérios de projecto inicial (quando disponíveis) e da história de eventuais intervenções ou alterações ocorridas no passado, assim como das técnicas e características dos materiais usados, pode ser utilidade para a interpretação do comportamento da envolvente para a definição de pesquisas adicionais de maior especificidade;*
- 2. Recolha e análise da informação escrita e desenhada disponível. No caso dos edifícios antigos, os proprietários nem sempre dispõem de peças desenhadas ou escritas que permitam uma caracterização dos elementos construtivos. Será necessário recorrer a arquivos e às entidades licenciadoras para obter este tipo de informação. Com frequência, pode justificar-se efetuar-se um levantamento arquitetónico exhaustivo da envolvente do edifício em análise...*
- 3. Visitas ao interior do edifício para efetuar o levantamento exhaustivo do seu estado de degradação...*
- 4. Visitas ao exterior do edifício para observação do estado de degradação e condições da envolvente;*
- 5. Avaliar a necessidade de implementação de um plano de monitorização do edifício...*
- 6. Definição de eventuais sondagens, ensaios ou medidas a realizar para caracterização dos materiais e da configuração dos diversos elementos construtivos, em termos mecânicos físicos e do comportamento da própria estrutura, incluindo as fundações, e para avaliação das condições de conforto e qualidade do ar da ambiência interior...*

A concertação destas acções de inspecção e levantamento devem permitir elaborar um diagnóstico que sustente devidamente as acções de intervenção sobre o edifício. Estas acções poderão ser: reabilitação, restauro ou, em caso extremo, de substituição ou demolição de elementos, ou ainda a necessidade de estabelecer novas medidas de apoio ao diagnóstico.”

Por fim, a informação obtida deverá ser sistematizada num documento que deverá obedecer à seguinte estrutura:

- “1. Introdução;*
- 2. Localização e descrição do edifício;*
- 3. Descrição dos documentos construtivos em análise;*
- 4. Sondagens, medições e ensaios;*
- 5. Caracterização do estado de degradação e identificação das anomalias;*
- 6. Causas prováveis das anomalias;*
- 7. Metodologia proposta para os trabalhos de reabilitação;*

8. *Estimativas de custos;*

9. *Conclusão.*”

Tal como é referido pelo autor, a qualidade das soluções propostas, juntamente com a estimativa de custos, tem uma fundamental importância na tomada de decisões relativamente à estratégia a ser seguida.

Em “*Reabilitação De Edifícios Antigos*” (Appleton, 2011), o autor refere:

“Na fase inicial de um projecto de reabilitação, ou mesmo antes da concretização deste, assume especial importância a realização de um estudo de diagnóstico acerca das condições de conservação e segurança do edifício e da sua estrutura.

A realização desse estudo pressupõe, para a sua eficácia, que ele seja acompanhado da execução de um bom levantamento arquitetónico e de uma caracterização estrutural tão rigorosa quanto possível.

Em comunhão com os autores já atrás mencionados, sublinha a importância da experiência necessária de quem executa o estudo em trabalhos do âmbito da reabilitação, cite-se – *“Embora o estudo de diagnóstico possa ser feito com base, ou com forte sustentação em prospeções, inspeções e ensaios, a verdade é que o seu principal suporte tem que ser a observação direta, para o que é necessário que o autor do estudo tenha experiência relevante em trabalhos de reabilitação, não podendo ser simplesmente um especialista de estruturas.”*

Num artigo dedicado à caracterização do edificado existente, Costa et al. (2019) refere o relatório de inspeção e diagnóstico como *“Um elemento essencial para garantir a qualidade das intervenções...que, para além de fazer uma ‘radiografia’ completa do edificado, promova o conhecimento de elementos que são fundamentais para o desenvolvimento de um projeto para se atingir o máximo aproveitamento dos materiais e dos sistemas construtivos existentes.”*

Os autores enumeram o conteúdo que um relatório de inspeção e diagnóstico deve contemplar – *“deve começar por contar a história do edificado ao longo do tempo, com base numa recolha histórica que permita a obtenção de dados essenciais ao seu conhecimento.*

Segue-se a caracterização geométrica rigorosa do edificado e o confronto com as peças desenhadas existentes (quando disponíveis), sendo frequentemente necessário corrigir medidas e, mesmo, proceder a alterações das plantas dos andares.

Mais uma vez a relevância dada à história do edificado, e como de seguida se refere à experiência dos técnicos – *“Os técnicos envolvidos devem ter um conhecimento sólido sobre a História da Construção para, em função da data do edificado e face a alguns indícios que este apresente poderem antecipar as características dos materiais e dos sistemas*

construtivos. Este conhecimento conduz a que as sondagens a realizar sejam cirúrgicas e pontuais...”

Para além das sondagens a serem realizadas como já mencionado – *“é fundamental proceder igualmente ao levantamento das anomalias estruturais e não estruturais...”*

Por fim a importância de – *“identificar as causas das anomalias, uma vez que qualquer proposta de intervenção deverá sempre preconizar a eliminação das causas...”* terminando - *“com a proposta de intervenção, deixando-se a definição das soluções para a equipa projetista.”*

Em resumo, segundo os autores, o relatório de inspeção e diagnóstico deverá conter e seguir a seguinte ordem:

1. Pesquisa histórico-documental;
2. Caracterização geométrica;
3. Caracterização técnica e estrutural;
4. Caracterização patológica
5. Proposta de intervenção.

É transversal à bibliografia a relevância que uma eficiente ação de inspeção e diagnóstico tem no contexto da reabilitação de edifícios. Só um correto diagnóstico permitirá opções de intervenção otimizadas do ponto de vista técnico e económico, é uma ferramenta absolutamente fundamental que deverá estar ao dispor do dono de obra de forma a poder orientá-lo na estratégia de intervenção a seguir, podendo balizar diferentes níveis de intervenção e correspondentes custos, sabendo de antemão que estão preconizadas as técnicas construtivas mais apropriadas.

2.1.1 IMPORTÂNCIA NA CONSERVAÇÃO E ESCOLHA DE ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO

Como já atrás referido, a importância da tarefa de inspeção e diagnóstico é clara no processo de reabilitação, desde logo como principal elemento avaliador da condição do edifício, do ponto de vista estrutural e não estrutural, na avaliação das condições de segurança, salubridade, habitabilidade e conforto. Um diagnóstico débil traduzir-se-á na forma como o edifício é analisado, comprometendo a eficiência de todos os processos subsequentes (Ferreira et al., 2014).

E dos processos subsequentes, está de imediato a estratégia de intervenção a ser seguida no projeto de execução. O nível de conservação das pré-existência estará refletido na estratégia de intervenção adotada, quanto maior a eficiência das estratégias seguidas, por lógica, maior o grau de conservação que poderá ser atingido, no limite pretender-se-á ótimo. A qualidade de um relatório de inspeção e diagnóstico, devidamente ajustado à obra, é o princípio base para a

qualidade dos processos seguintes. O *International Council on Monuments and Sites* (ICOMOS), estabelece linhas orientadoras para a conservação do património, das quais sublinha-se o respeito pela reversibilidade, compatibilidade e adaptabilidade, a intervenção no edificado deseja-se o mínimo intrusiva quanto o seja possível. Tal, só é possível, se o trabalho prévio for devidamente executado, note-se: só com um estudo aprofundado das características do edifício, características dos materiais constituintes, valor patrimonial, metodologia construtiva, das alterações ao longo do tempo, seja de uso ou alterações físicas, em resumo, só com uma “radiografia” completa do edifício se poderá prescrever métodos de intervenção que respeitem o uso de materiais compatíveis com os existentes, métodos respeitantes e adaptáveis às pré-existências, e em particular só uma eficiente análise de condição estrutural determinará a necessidade de reforço, que existindo deverá obedecer a técnicas reversíveis. Do ponto de vista da importância da conservação, as estratégias de intervenção deverão seguir uma índole tão minimalista quanto possível.

2.1.2 IMPACTO ECONÓMICO E SUSTENTABILIDADE

Tal como na generalidade dos setores, também na construção a vertente económica tem um papel absolutamente preponderante na definição de um projeto e consequente obra. A viabilidade de um investimento, depende sempre da verba disponível para o financiar, seja o investidor privado ou público, por lógica objetivar-se sempre a otimização de custos. As finalidades dos investimentos são certamente muito variáveis; um investidor privado procurará a rentabilidade e retorno do investimento, o investimento público procurará colmatar necessidades sociais, culturais, mobilidade e transportes, saúde pública, etc. O cidadão comum, ao investir na sua habitação, procurará naturalmente o conforto e arquitetura a gosto em função da disponibilidade financeira.

Seja qual for a diversidade dos investimentos, existe um vetor comum e decisivo que é a viabilidade e otimização económica. No que toca à reabilitação do edificado, naturalmente que a preponderância da inspeção e diagnóstico é fundamental para que os objetivos financeiros do investimento sejam alcançados e otimizados.

As obras de reabilitação de edifícios são conhecidas entre os atores da atividade, nomeadamente os mais experientes, pelos imprevistos que apresentam no decorrer dos trabalhos da intervenção. Com frequência, os imprevistos resultam em trabalhos a mais para o dono de obra, ou dependendo do tipo de contratos estabelecidos, em prejuízos para o empreiteiro. Para que se compreenda, e a título de exemplo, no decorrer dos trabalhos de tratamento de vigamentos de madeira existentes a insetos xilófagos, em que se procede ao levantamento de soalho para acesso aos vigamentos, e se verifica que um ou vários vigamentos estão em estado de podridão que exige a sua parcial ou total substituição. Perante uma situação desta natureza, em que não está prevista em projeto e consequentemente em sede de orçamento, resulta naquilo com que nenhum dono de obra se quer confrontar,

trabalhos a mais e consequentes custos não esperados. Por mais que se possa pensar que estas situações possam beneficiar o empreiteiro, são, na verdade, situações indesejáveis que resultam com frequência em confronto de responsabilidades que em nada beneficia as partes envolvidas e, acima de tudo, a obra. Por outro lado, dependendo das cláusulas do contrato, que frequentemente são fechados em valor global e não em série de preços, estes trabalhos poderão mesmo resultar em prejuízos para o empreiteiro. O ideal seria que situações desta natureza não acontecessem. Porém, em obra de reabilitação, devido às características que lhe estão associadas, a dificuldade de evitar situações desta natureza é acrescida. A questão passa por minimizar os imprevistos tanto quanto seja possível, e neste contexto, o papel da inspeção e diagnóstico é absolutamente fulcral. Quanto mais correta, eficiente e completa for a sua elaboração, menor a probabilidade de ocorrência de imprevistos. A inspeção e diagnóstico fornecerá elementos e informação à equipa projetista, para que possa tomar as decisões mais assertivas no desenvolvimento do projeto de execução, que deverá ser devidamente detalhado e pormenorizado, mas, simultaneamente, de fácil leitura, para que em obra exista o menor número possível de dúvidas e se execute conforme previsto. É fundamental que no processo de elaboração do projeto exista coordenação entre as várias especialidades, garantindo a sua compatibilização. Posteriormente, em obra, essa coordenação contribuirá de forma decisiva para a minimização de possíveis erros de execução. A qualidade e interligação entre os dois processos referidos anteriormente, inspeção e diagnóstico e projeto, determinarão decisivamente a maior ou menor quantidade de imprevistos encontrados no decorrer dos trabalhos. Para o resultado final, a eficiência deste processo só é válida se houver continuidade com um projeto de execução, e um processo de execução de qualidade.

É fundamental que os trabalhos de inspeção e diagnóstico sejam feitos por técnicos com formação adequada e experiência em trabalhos de reabilitação do edificado, com conhecimento dos materiais e metodologias construtivas tradicionais. O mesmo se aplica à equipa projetista. São duas condições que, quando reunidas, tornam mais fácil o cumprimento das metas orçamentais da obra. Não menos importante é a escolha da empresa empreiteira que deverá reunir um corpo técnico capaz e experiente em obras de reabilitação. Reunindo estas condições, e um devido acompanhamento por parte da fiscalização, que deverá obedecer aos mesmos requisitos, é a forma mais eficaz de evitar desvios orçamentais, para além de garantir a qualidade das soluções e da execução que se pretende. Contudo, mesmo tendo estas condições ótimas, como já atrás foi referido, em reabilitação é extremamente complicado evitar o aparecimento de imprevistos. Por esse motivo, o que se pretende frequentemente é que esses imprevistos sejam minimizados, tanto quanto possível, de forma a que os trabalhos que daí decorram não comprometam o orçamento da obra, nem o planeamento previsto, e que com relativa facilidade, fazendo ligeiros cortes ou alterações (materiais, por exemplo), se equilibre a balança dos trabalhos a mais e a menos.

Para que se atinjam as metas do ponto de vista da sustentabilidade, os protagonistas envolvidos em todo o processo de reabilitação devem cumprir os mesmos requisitos

enumerados anteriormente. Ou seja, o mecanismo do processo é o mesmo: Inspeção e diagnóstico – Projeto – Obra.

A ordem deve ser respeitada, e a fiscalização deve acompanhar todo o processo. Como já dito e agora repetido, é fundamental que os técnicos envolvidos em todas as fases deste processo tenham formação e experiência em reabilitação para o sucesso da intervenção aos vários níveis que se pretende.

A sustentabilidade é uma preocupação global e transversal aos setores de atividade. Interessa aqui falar da sua importância no âmbito da construção e, mais concretamente, no âmbito da reabilitação do edificado. É defendido por vários autores que a reabilitação, note-se, executada com critério e segundo as normas e recomendações nacionais e internacionais, é um caminho lógico a seguir para se atingir metas ambiciosas do ponto de vista da sustentabilidade no mercado da construção.

Nesta matéria, a reabilitação leva larga vantagem em comparação com a construção nova, desde logo pelo volume de materiais exigidos. Um edifício a reabilitar é um edifício já construído. O impacto espacial está já consolidado, assim como o impacto ambiental decorrente da construção. Estes são, por si só, fatores impulsionadores à reabilitação. Por outro lado, quando falamos em edifícios antigos, no seu processo construtivo e nos materiais utilizados, estamos a falar de um impacto incomparavelmente menor que aquele que é feito hoje na execução de um edifício novo, seguindo as metodologias e materiais atuais. O edifício antigo é tipicamente construído por materiais tradicionais, tais como alvenaria de pedra, taipa, terra ou madeira, ou seja, por materiais existentes no local da construção, ou próximos deste. São materiais simples, pouco transformados, e extraídos por processos não industriais. Para além disso, o processo construtivo era marcadamente artesanal, assente no trabalho manual. Aliado ao facto de já estarem construídos, os edifícios antigos têm uma pegada ecológica incomparavelmente inferior em todo o seu ciclo de vida, desde que preservar, e não demolir, seja prioridade.

A qualidade do processo: inspeção e diagnóstico – projeto – obra, vai ditar a otimização da intervenção ao nível da sustentabilidade, começando desde logo pelo princípio de preservação das pré-existências o que, por si só, vai otimizar a produção do volume de resíduos de construção. Ou seja, neste contexto, preservar significa reduzir o volume de demolição, significa reduzir resíduos gerados. Boas soluções, contemplam utilizar em obra resíduos que sejam necessariamente gerados, a título de exemplo: a demolição de algum elemento de pedra e picagem de rebocos, são materiais que podem servir de fundação a um pavimento térreo.

A reabilitação sustentável deverá fomentar a preservação dos valores culturais. O objetivo é intervir ao mínimo, com objetivos de sustentabilidade e custos controlados, tanto a curto como a longo prazo.

A reabilitação, quando feita com critério, enquadra-se nos princípios de sustentabilidade ambiental, económica e social, ver Figura 1. Dentro destes princípios, pretende-se que as intervenções tenham um impacto ambiental tão reduzido quanto possível, através do

reaproveitamento e racionalização energética, continuidade dos aspetos sociais, culturais, económicos e ambientais. (Lima et al, 2012)



Figura 1 – Definição de construção sustentável (Lima, et al, 2012)

A reabilitação é indissociável da sustentabilidade. Parte dos seus princípios são, de facto, comuns. Preservação dos valores culturais e sociais, preservação do construído, poupando recursos e energia. A reabilitação tem de ser entendida como “a oportunidade de promover a sustentabilidade ambiental”, já que pode unir “a preservação do património, a atualização das condições de funcionamento e conforto, e a melhoria do desempenho ambiental”. (Delgado et al., 2012)

Reabilitar de forma sustentável, implica reduzir consumos em ampla escala, como refere Costa et al. (2014):

“O trilho para a Reabilitação Sustentável só é possível se, à reabilitação pura e simples, aliarem-se práticas sustentáveis, tais como medidas que reduzam, na fase de intervenção, os consumos de matérias-primas, energéticos, água e produção de resíduos e, na fase de utilização, os respetivos custos de utilização e manutenção sem nunca pôr em causa as naturais exigências de conforto.”

Reabilitar de forma sustentável implica reutilizar em todos os níveis.

“Na construção sustentável, o ciclo passa a ser um ciclo fechado, ou, melhor, um conjunto de vários ciclos fechados, sendo possível distinguir vários níveis de reutilização, renovação ou reciclagem:

- I. Reutilização do edifício tal qual ou com ligeiras modificações (arquitectura aberta);*
- II. Reutilização do edifício reabilitado;*
- III. Reutilização de componentes do edifício (desconstrução);*
- IV. Reutilização dos materiais de construção (noutros edifícios, em aterros de estradas);*
- V. Demolição e remoção a vazadouro.”* (Cóias, 2007)

Sustentabilidade implica não comprometer os recursos das gerações vindouras.

“Sustentabilidade é um princípio segundo o qual o uso dos recursos naturais para satisfação de necessidades presentes não pode comprometer a satisfação das necessidades de gerações futuras.

Para que um empreendimento humano seja considerado sustentável é preciso que seja:

- Ecologicamente correcto;*
- Economicamente viável;*
- Socialmente justo;*
- Culturalmente diversificado”* (Appleton, 2014)

Reabilitar de forma sustentável significa preservar.

“Reabilitar edifícios antigos significa preservar uma grande parte dos elementos construídos, reduzindo a quantidade de demolições necessárias e das correspondentes reconstruções.

Por comparação com a construção nova, reabilitar significa consumir menores quantidades de energia na produção e aplicação de produtos de construção, reduzir as emissões de CO₂ e limitar as quantidades de produtos de demolição a remover e destruir.

Reabilitar significa, tanto quanto possível, o uso de materiais tradicionais, naturais (madeira, pedra, areia e cal), ou pouco transformados, por oposição ao uso de materiais industriais artificiais como o cimento, o aço, o alumínio, o pvc e outros materiais poliméricos, etc, grandes consumidores de energia e produtores de CO₂.

Reabilitar significa também a possibilidade de um fácil reaproveitamento de produtos de demolição, com a sua integração na própria obra a reabilitar ou noutra de características similares.” (Appleton, 2014)

Ao reabilitar não estamos a interferir espacialmente no meio, não estamos a ocupar solo, nem a interferir no ecossistema.

“Não obstante, a própria possibilidade de reabilitar consiste numa atitude sustentável que releva uma série de parâmetros favoráveis em sistema de avaliação existentes para novas construções, nomeadamente o valor do solo, a ocupação, o impacto na biodiversidade, a alteração da paisagem, o aumento da construção, a possibilidade de reciclagem de materiais, componentes e estruturas existentes, etc. Estes diversos factores, intrínsecos à actividade de reabilitação, são aspectos extremamente positivos para o Desenvolvimento Sustentável.” (Ramos, 2009)

Em linha com as transcrições anteriores, da autoria de diversos autores, fica claro que a reabilitação é parte integrante do desenvolvimento de um mercado da construção que se quer, e se exige, cada vez mais sustentável. Nesta linha de raciocínio, é legítimo afirmar-se que o futuro do mercado da construção passa necessariamente pela reabilitação do edificado, não só em Portugal, mas a nível global.

2.2 CONDICIONANTES DAS INTERVENÇÕES EM CONTEXTO URBANO

Os centros urbanos são áreas urbanisticamente consolidadas, facto que, por si só, constitui uma forte condicionante a qualquer intervenção que se tenha de realizar no âmbito da construção civil. A reabilitação de edifícios, em particular, incide sobretudo nos designados centros históricos das cidades, onde a gestão de espaços é tremendamente condicionada. Tarefas como a montagem e gestão de estaleiro é recorrentemente solucionada com métodos menos convencionais e naturalmente mais onerosos. Encontrar empresas devidamente capacitadas e capazes de responder com eficácia aos desafios particulares impostos pela reabilitação, não direccionando só às construtoras, mas também projetistas e fiscais, é uma tarefa verdadeiramente difícil, mas que se revela da maior importância para o sucesso da intervenção.

A reabilitação de edifícios antigos em centros históricos ou em zonas protegidas obedece a um conjunto de constrangimentos que funcionam como entraves ao crescimento e do reaproveitamento de edifícios antigos existentes (Oliveira,2012). A própria natureza da legislação com vista à proteção do património classificado, ou em vias de classificação, introduz dificuldades adicionais que importa ter em linha de conta na execução deste tipo de obra. Não se pretende com isto fazer qualquer juízo de valor em relação à qualidade da legislação, apenas constatar a dificuldade acrescida, pois estende-se para lá do que abriga a construção nova. Espera-se com a nova legislação, o DL 95/2019, ultrapassar em grande parte as dificuldades até então sentidas.

As vias de acesso são fortemente condicionantes à movimentação de equipamentos de apoio, tarefas como montagem de gruas, espaço para acondicionamento de materiais, remoção de resíduos de demolição para vazadouro, escoramentos provisórios, etc. Situações que em obra nova ocorrem com normalidade, em reabilitação são verdadeiros “quebra-cabeças” para quem tem de orçar estas tarefas e, igualmente, para quem tem de planejar e executar. A própria mão-de-obra, que por esta altura é extremamente escassa e difícil de encontrar, tem de ser especializada, mais numerosa, devido à impossibilidade de utilização de equipamentos pesados e ainda assim são trabalhos que decorrem a ritmo lento. Estes edifícios estão com frequência confinados entre paredes meeiras compartilhadas por edifícios adjacentes. Iniciar uma obra desta natureza sem o empreiteiro elaborar, por meios próprios, ou por serviços contratados, inspeções aos edifícios adjacentes, da qual deve resultar um relatório contendo um mapeamento devidamente identificativo das patologias existentes nesses mesmos edifícios, é um risco a que o empreiteiro não se pode expor. A execução de obras pressupõe a execução de tarefas que induzem vibrações às estruturas, seja por utilização de equipamentos mecânicos, ou por execução manual através de movimentos de impacto. As obras de reabilitação contemplam tarefas particularmente sensíveis à ocorrência deste tipo de situações. Repare-se por exemplo na execução de demolições e abertura de roços para as infraestruturas, em particular quando executados nas paredes meeiras constituídas na generalidade dos casos por pedra. O risco de as vibrações introduzidas provocarem danos nos edifícios vizinhos é elevado, ainda que as tarefas sejam executadas com todos os cuidados. Por esse motivo, nos casos em que não existe um levantamento prévio do estado de conservação desses mesmos edifícios antes da entrada em obra, o empreiteiro corre um sério risco de ter de corrigir patologias que podem, ou não, ter resultado da intervenção. Portanto, a elaboração de um relatório de levantamento de patologias, devidamente entregue e assinado pelos responsáveis dos edifícios vizinhos, pode ser o garante da não ocorrência de prejuízos inesperados.

É desejável a promoção de uma boa “vizinhança” durante o decorrer da obra. No entanto, porque as obras são incomodativas por natureza, as queixas são frequentes, sobretudo devido ao ruído. Essa é também uma dificuldade muito particular da obra de reabilitação. São frequentemente “negociados” horários específicos para execução de tarefas ruidosas ou utilização de equipamentos ruidosos. Naturalmente que este tipo de situações condiciona o planeamento normal de execução dos trabalhos, e o planeamento global da obra.

Uma intervenção também ela muito sensível é a intervenção nas coberturas. Em reabilitação, as coberturas são frequentemente os elementos mais degradados. A substituição da maioria dos seus constituintes é recorrente, e aqui entramos num campo extremamente delicado, que são as infiltrações. Como já referido, estes edifícios frequentemente confinados entre paredes meeiras, partilham com os edifícios adjacentes não só essas mesmas paredes, mas também elementos constituintes do sistema drenante e de impermeabilização. Refira-se por exemplo caleiras, rufos, continuidades de coberturas, chaminés, entre outros elementos comuns. Não são raras as situações em que durante as operações de intervenção nas coberturas, a ocorrência de chuvadas, por vezes inesperadas provocam infiltrações nos edifícios vizinhos, que, no caso

de não estarem devolutos, causam graves transtornos e prejuízos. A intervenção em coberturas e sistemas drenantes e de rufagem é particularmente sensível no inverno. Tentando, sempre que possível, em fase de planeamento evitar estas tarefas neste período.

Este tema, das condicionantes das intervenções em contexto urbano, é um tema onde muito se poderia dizer. Poderia ser extensivo, particularizando e enumerando as diversas condicionantes recorrentes destes tipos de intervenções. O foco não é esse. De facto, o principal objetivo a presente secção é discutir os aspetos fundamentais a ter em conta quando se encara uma obra, particularmente de reabilitação, em contexto urbano. Neste sentido, foram mencionadas e discutidas de forma breve algumas das condicionantes mais relevantes e recorrentes a ter em conta.

3 CASO DE ESTUDO A

Neste capítulo é apresentado um caso de estudo de uma obra de reabilitação. Trata-se de um edifício de habitação do início do século XX, localizado no Porto, de características arquitetónicas e construtivas típicas de uma casa burguesa portuense da época. Pretende-se abordar algumas das soluções, nomeadamente de reforço estrutural, representá-las e quantificá-las do ponto de vista económico e da sua sustentabilidade. Este projeto é tido como um bom exemplo de intervenção no contexto de reabilitação, na medida em que obedece aos critérios fundamentais do respeito pelas pré-existências, da compatibilidade material, da adoção de soluções pouco intrusivas e reversíveis, etc. Pegando neste bom exemplo, analisou-se técnica e economicamente um eventual reforço sísmico, de forma a avaliar, do ponto de vista financeiro, a expressão destas intervenções.

3.1 APRESENTAÇÃO/CARACTERIZAÇÃO

O edifício apresentado como caso de estudo, ver Figuras 2 a 6, localiza-se na Rua Álvares Cabral, Porto. É um edifício do início do século XX, de características tradicionais constituído por alvenaria resistente de pedra, pisos e cobertura em madeira, ver Figura 7.

O alvará destinado a obras de ampliação / alteração, apresenta as seguintes características para a intervenção:

- Área total do prédio: 336,50 m²;
- Área total de construção: 534,64 m², sendo 18 m² relativos a ampliação e 516,63 m² relativos a alteração;
- Área bruta de construção 512 m², sendo relativos a alteração;
- Volume de construção: 1873,30 m³;
- Índice de construção: 1,52;
- Área de implantação: 136,50 m²;
- Índice de impermeabilização: 0,47;
- N° de pisos abaixo da cota de soleira: 1;
- N° de pisos acima da cota de soleira: 3;
- Cércea: 14,80 m;
- Número total de fogos: 5.

A obra iniciou em Julho de 2018 e terminou em Março de 2019.

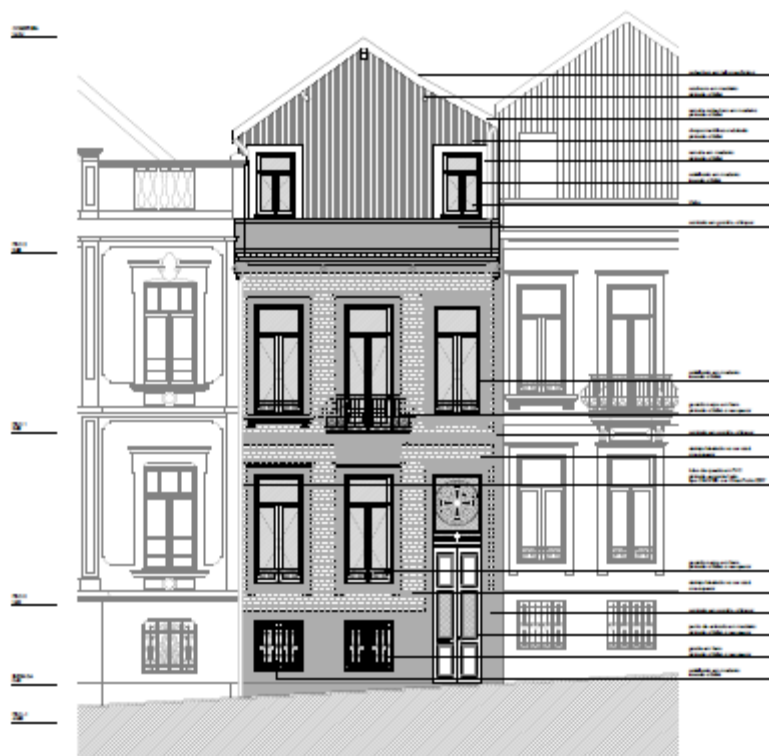


Figura 2 – Alçado Frontal (Floret, 2018)

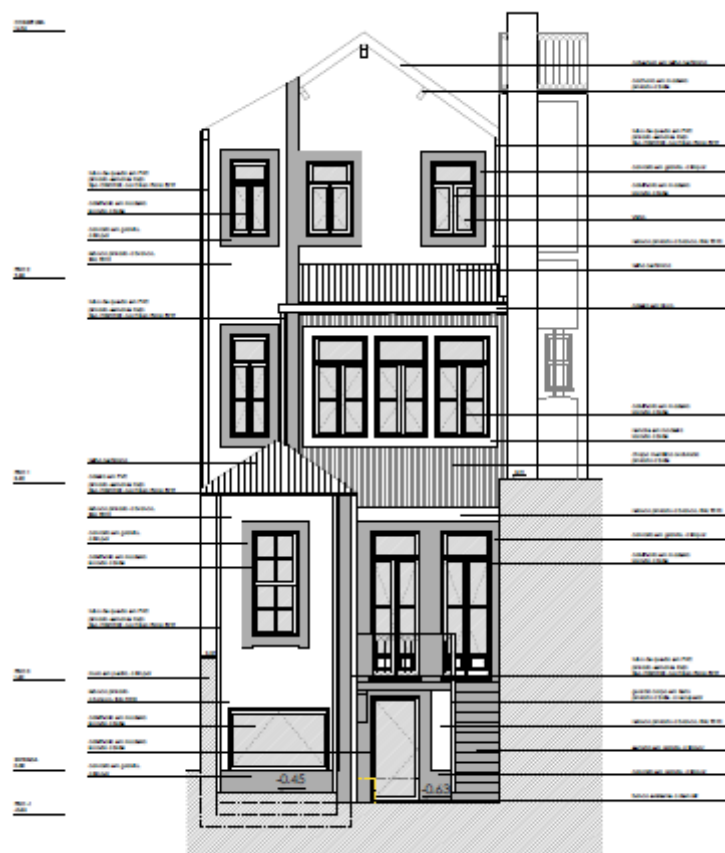


Figura 3 – Alçado Tardoz (Floret, 2018)

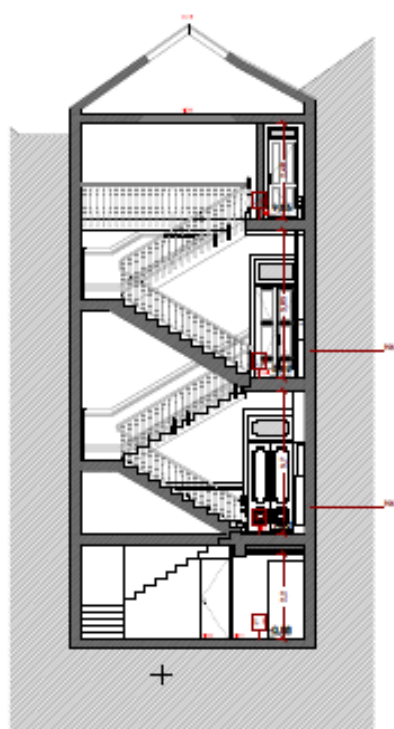


Figura 4 – Corte Transversal (Floret, 2018)

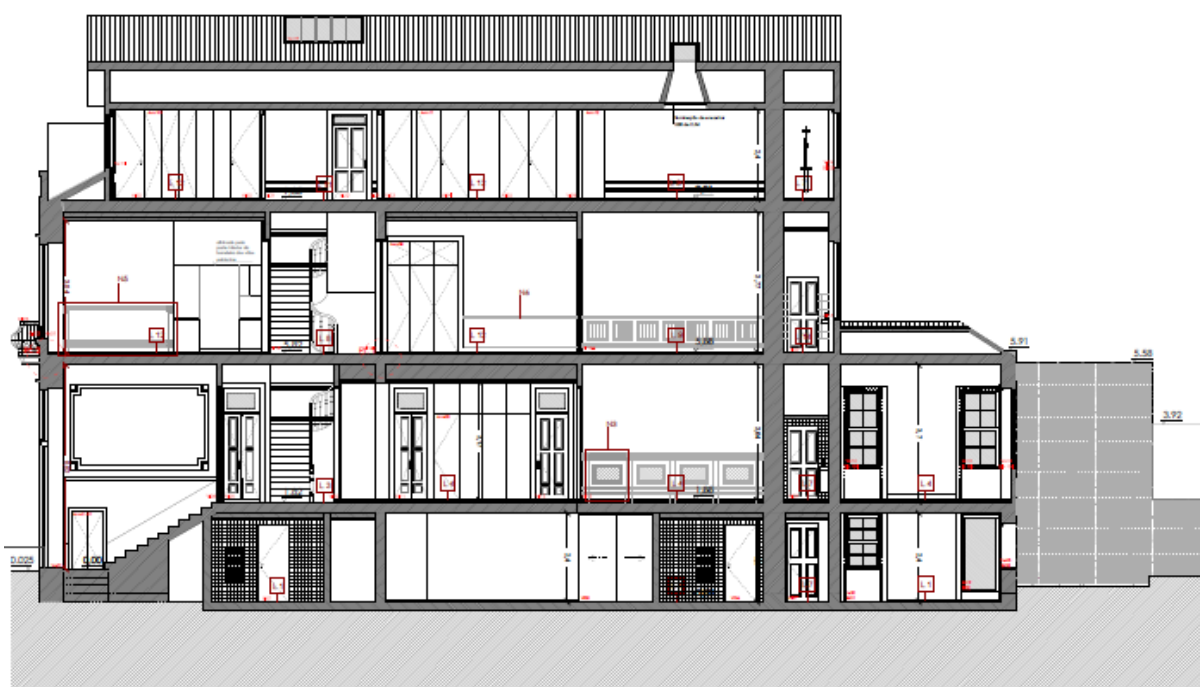


Figura 5 – Corte Transversal (Floret, 2018)

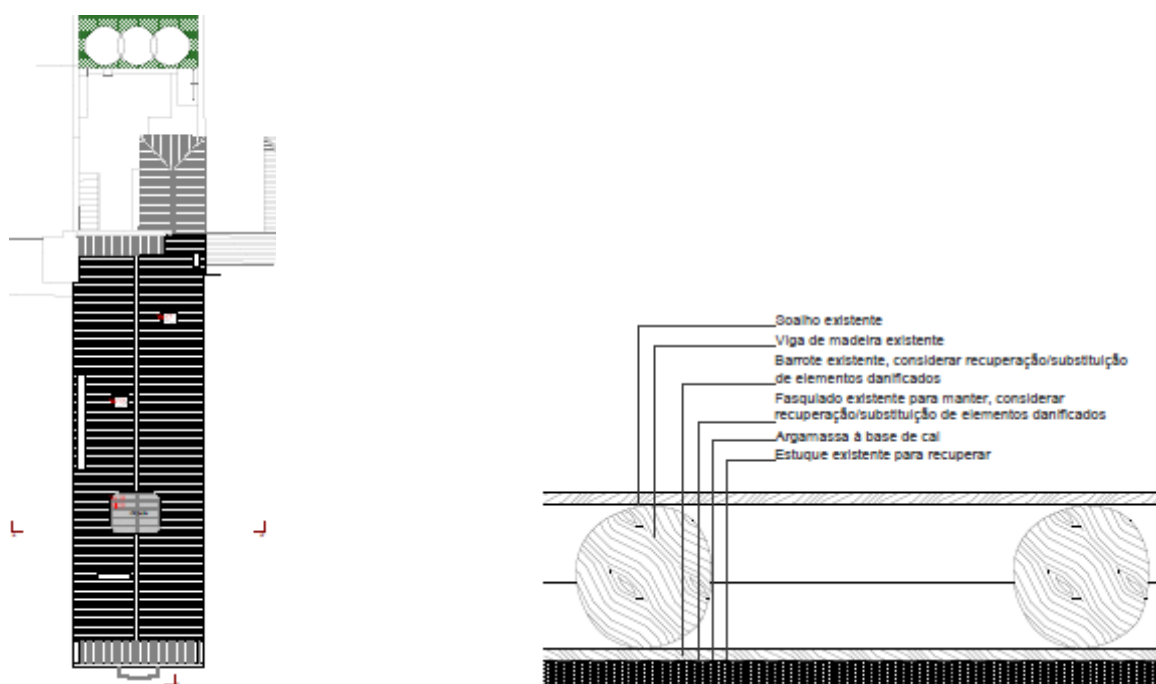


Figura 6 – Planta de Cobertura (Floret, 2018) Figura 7 – Pormenor Pavimento Existente (Floret, 2018)

O corpo principal do edifício tem 6,30m de largura por 20,00m de comprimento, medidas exteriores das paredes. Representativo da arquitetura portuense da época, estreito à largura e de comprimento acentuado, a fachada principal revestida a azulejo, ver Figuras 8 e 9, é desde logo característica arquitetónica do final do século XIX início do século XX, caixa de escadas central em madeira com entrada de luz natural através de uma claraboia na prumada.

As paredes estruturais são em alvenaria de granito em perpianho, ver Figuras 10 e 11, típico e original da região. As duas paredes periféricas laterais são meiras, “partilhadas” com os edifícios vizinhos, e as fundações resultam do alargamento das paredes de granito na base (sobrelargura), desenvolvendo-se em “escada”, ver Figura 12. A estrutura dos pavimentos é em vigas de madeira de “riga” com secção de 8x22cm, os pavimentos são tarugados e o revestimento é em soalho nacional de “riga”, ver Figura 13. A estrutura da cobertura é constituída por asnas, madres, varas e ripado de madeira onde assenta telha cerâmica do tipo marseille, ver Figura 14. A parede do alçado frontal do piso 2 (águas furtadas) é de madeira, taipa de fasquio, sendo as paredes interiores de tabique, ver Figuras 15 e 16.



Figura 8 – Fachada frontal antes de reabilitado



Figura 9 – Fachada frontal após reabilitação



Figura 10 – Alçado tardoz antes de reabilitado



Figura 11 – Alçado tardoz após reabilitação



Figura 12 - Fundação



Figura 13 – Estrutura dos pisos de madeira



Figura 14 – Estrutura da cobertura em processo de reabilitação



Figura 15 – Parede em taipa de fasquio



Figura 16 – Parede de tabique

3.2 SOLUÇÕES DE PORMENOR DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL APLICADAS E CUSTO UNITÁRIO CORRESPONDENTE

Nesta secção apresentam-se os principais pormenores das soluções de reabilitação estrutural adotadas neste projeto. São pormenores específicos de projetos de reabilitação de edifícios antigos. O objetivo é contribuir para a determinação dos custos correspondentes destes tipos de pormenores construtivos de reforço estrutural, tão próprios da reabilitação. Com efeito, serão abordados os seguintes pormenores de reforço:

- Reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra;
- Apoio de viga de madeira nova, maciça ou lamelada, em parede de alvenaria de pedra através de peça metálica;
- Reforço de paredes de tabique existentes com placas de OSB 3.

3.2.1 REFORÇO ESTRUTURAL DA ENTREGA DAS VIGAS DE PAVIMENTO NA PAREDE DE ALVENARIA DE PEDRA

No processo de reabilitação estrutural de pavimentos de madeira, a entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria é um ponto sensível, suscetível a humidade e consequente apodrecimento. Neste projeto havia 15 encontros nestas circunstâncias, 8 ao nível da planta estrutural do piso 0, e 7 ao nível da planta estrutural do piso 1. Uma das ações mais comumente adotadas para corrigir esta situação é a substituição da zona degradada da viga por uma nova de igual secção, com ligação executada em entalhe à meia esquadria, sendo a ligação rigidificada através de chapas metálicas ou de tábuas de madeira em ambas as faces ligadas através de varões roscados, pormenor esquematizado nas Figuras 17 a 19. Neste caso, o pormenor esquematizado foi executado com tábuas de madeira nos 15 casos anteriormente enumerados, ver Figura 20.

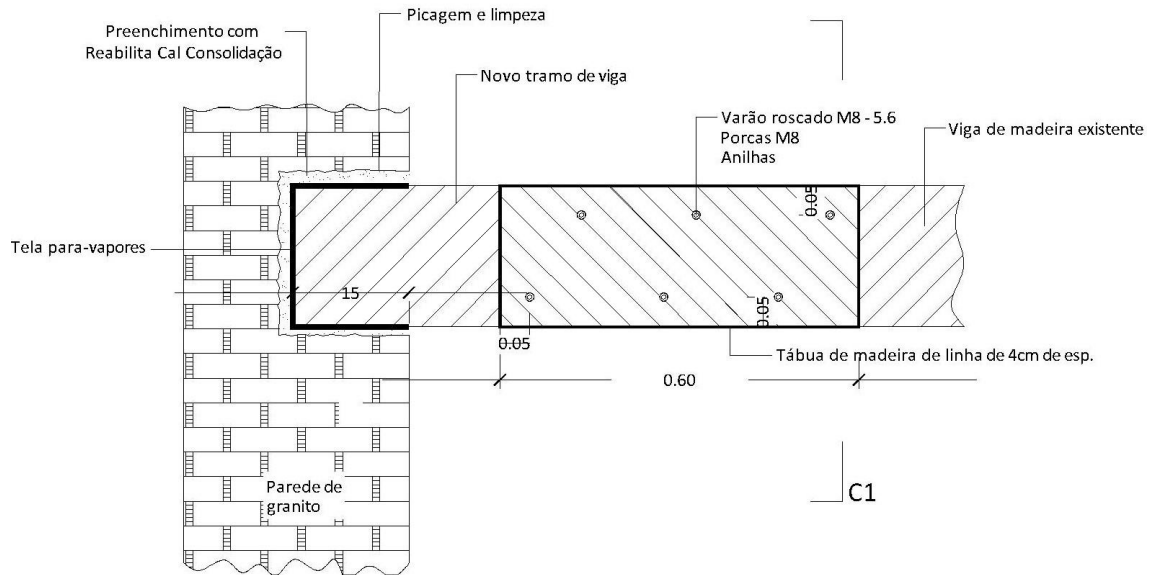


Figura 17 - Alçado do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra (NCREP, 2018)

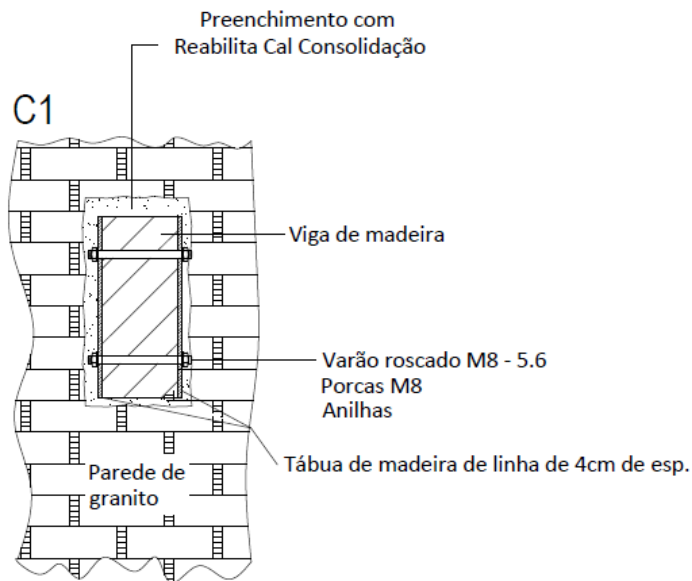


Figura 18 - Corte do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra (NCREP, 2018)

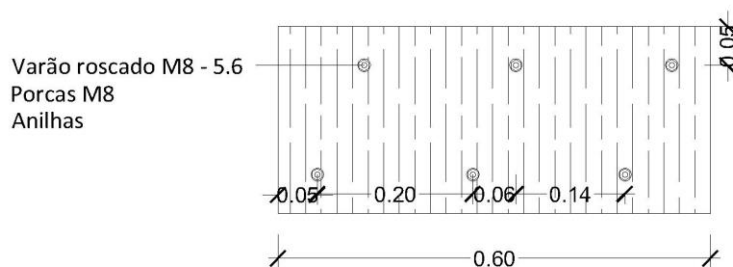


Figura 19 - Pormenor da tábua do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra (NCREP, 2018)

A informação para efeitos de orçamentação deste tipo de pormenor é, todavia, ainda muito limitada, pelo que com este trabalho pretende contribuir para colmatar esse vazio com informação colhida de um caso real.

Para tal, preencheu-se uma ficha de custo que quantifica os recursos utilizados e o seu custo unitário por unidade de medida correspondente, ver Figura 21. Os recursos foram divididos por materiais, mão-de-obra e equipamentos.

O custo foi considerado tendo em conta as seguintes tarefas:

- Execução do escoramento provisório da viga existente;
- Corte a 45° da secção podre;
- Prolongando em cerca de 50 cm à secção sã, no total cerca de 1 m do tramo da entrega;
- Limpeza das superfícies do apoio na parede de granito;
- Colocação de tramo de viga nova maciça classe C18 de pinho nórdico cortada a 45° para entalhe na existente à meia esquadria, envolta na entrega com tela transpirante na extensão do apoio;
- Aplicação em ambas as faces de uma tábua de madeira maciça com 4 cm de espessura e 55,5 cm de comprimento, abrangendo em partes iguais o tramo de viga nova e da viga existente;
- Furação em “triângulo”, e aplicação de varão rosca M8 e correspondente aperto com porcas;
- Preenchimento das folgas no apoio, no encontro da viga de madeira com a parede de granito com argamassa de cal.



Figura 20 - Pormenor com entalhe a 45° reaproveitando vigamentos existentes

FICHA DE CUSTO DE TAREFA						
Execução do pormenor de reabilitação de entrega de viga de madeira (8x22cm) existente dos pavimentos empalmada com tábuas de madeira						
RECURSO	QUANT	UN	CUSTO	UN	TOTAIS	%
MATERIAIS					25,50 €	36,59%
Argamassa à base de cal - considerou-se Reabilita Cal						
Consolidação da SECIL	13,94	kg/un	0,16	€/kg	2,23 €	3,20%
Tela Transpirante	0,13	m2/un	2,7	€/m2	0,35 €	0,50%
Tramo de nova viga 8x22cm maciça classe C18 de pinho	1	ml/un	9	€/ml	9,00 €	12,92%
Tábua de linha em madeira maciça de 4cm de espessura	1,2	ml/un	4,5	€/un	5,40 €	7,75%
Varões roscados M8 - 5.6	1,2	ml/un	1,1	€/un	1,32 €	1,89%
Porcas M8	12	un/un	0,35	€/un	4,20 €	6,03%
Anilhas	12	un/un	0,25	€/un	3,00 €	4,31%
MÃO DE OBRA					44,00 €	63,14%
Carpinteiro de 1ª	2	h/un	12	€/h	24,00 €	34,44%
Carpinteiro de 2ª	2	h/un	10	€/h	20,00 €	28,70%
EQUIPAMENTOS					0,19 €	0,27%
Berbequim	0,15	h	0,55	€/un	0,08 €	0,12%
Serra de Corte	0,1	h	0,13	€/un	0,01 €	0,02%
Aspirador	0,1	h	0,72	€/un	0,07 €	0,10%
Rebarbadora	0,05	h	0,35	€/un	0,02 €	0,03%
TOTAL					69,69 €	

Figura 21 - Ficha de custo de reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra

Ao preço obtido na ficha de custo somamos 5% de custos indiretos (custos administrativos), obtemos: $69,69€ \times 1,05 = 73,17€$

Por fim, soma-se a margem de lucro de 15%, resultando então: $73,17€ \times 1,15 = 84,15€$.

O preço de venda ao cliente final deste pormenor de solução de reabilitação estrutural é de 84,15€ por unidade de reforço.

3.2.2 APOIO DE VIGA DE MADEIRA NOVA, MACIÇA OU LAMELADA, EM PAREDE DE ALVENARIA DE PEDRA ATRAVÉS DE PEÇA METÁLICA

No processo de reabilitação estrutural de pavimentos de madeira, ou execução de novos, a entrega das vigas de pavimento/cobertura nas paredes de alvenaria pode ser realizada através de sapatas metálicas, ver Figuras 22 e 23. Este método evita a abertura de roços na parede para apoio da viga, e eventual fragilização estrutural. Neste projeto existiram 10 (5 vigas maciças 8x22cm) encontros nestas circunstâncias, todos ao nível da planta estrutural do teto do piso 2, ver Figura 24.

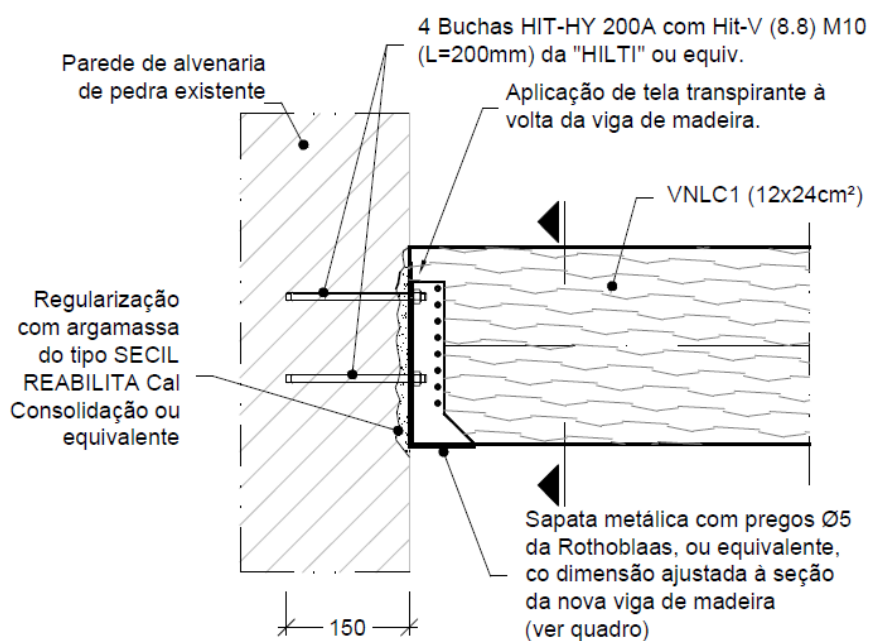


Figura 22 – Alçado do pormenor de ligação de viga de madeira com parede de alvenaria através de sapata metálica (NCREP, 2018)

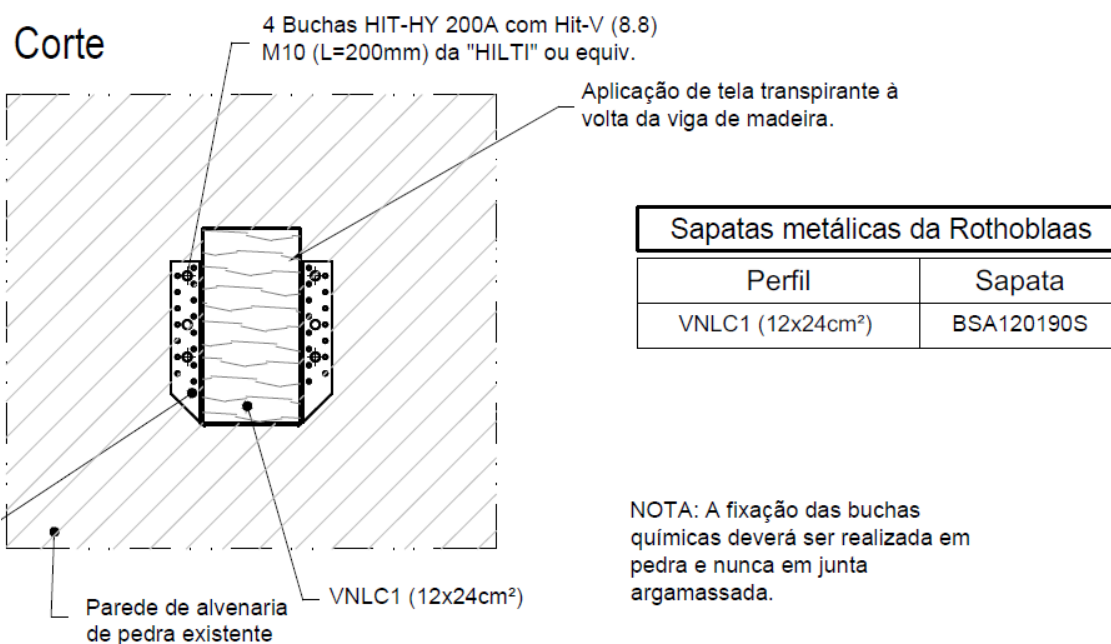


Figura 23 - Corte do pormenor de ligação de viga de madeira com parede de alvenaria através de sapata metálica (NCREP, 2018)

Para efeitos de determinação do custo seguiu-se a metodologia do pormenor anterior, isto é, preencheu-se uma ficha de custo que quantifica os recursos utilizados e o seu custo unitário por unidade de medida correspondente, ver Figura 25. Os recursos foram divididos por materiais, mão-de-obra e equipamentos.

O custo foi considerado tendo em conta as seguintes tarefas:

- Colocação de torre de andaime;
- Nivelamento da sapata metálica;
- Fixação da sapata metálica, procedendo-se à furação, limpeza dos furos e introdução de varão M10 fixo com bucha química;
- Colocação de tela transpirante no apoio, pronto a receber a viga envolvendo o encontro;
- Colocação de vigamento encaixando no apoio;
- Aplicação de varão roscado M8 promovendo a ligação da sapata metálica com a viga;



Figura 24 - Pormenor de ligação com sapata metálica

FICHA DE CUSTO DE TAREFA							
Execução do pormenor de apoio de viga de madeira nova, maciça ou lamelada, em parede de alvenaria de pedra através de sapata metálica Rothoblaas BSA120190S							
RECURSO	QUANT	UN	CUSTO	UN	TOTAIS	%	
MATERIAIS					40,86 €	78,71%	
BSA120190S	1	un/un	9,44	€/un	9,44 €	18,18%	
Tela Transpirante com HIT-V (8,8) M10	0,13	m2/un	2,7	€/m2	0,35 €	0,68%	
Varões roscados M8 - 5	0,9	ml/un	1,1	€/ml	0,99 €	1,91%	
Porcas M8	6	un/un	0,35	€/un	2,10 €	4,04%	
Anilhas	6	un/un	0,25	€/un	1,50 €	2,89%	
MÃO DE OBRA					11,00 €	21,19%	
Carpinteiro de 1ª	0,5	h/un	12	€/h	6,00 €	11,56%	
Carpinteiro de 2ª	0,5	h/un	10	€/h	5,00 €	9,63%	
EQUIPAMENTOS					0,06 €	0,11%	
Berbequim	0,1	h/un	0,55	€	0,06 €	0,11%	
TOTAL					51,92 €		

Figura 25 - Ficha de custo de apoio de viga de madeira em parede de alvenaria de pedra através de sapata

Ao preço obtido na ficha de custo somamos 5% de custos indiretos (custos administrativos), obtemos: $51,92\text{€} \times 1,05 = 54,51\text{€}$

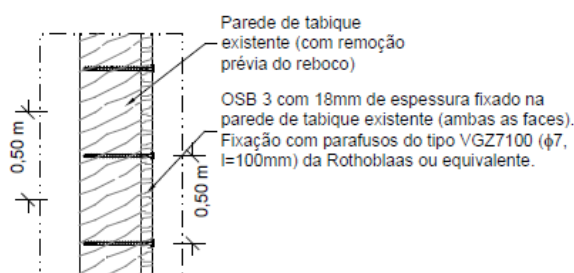
Por fim, soma-se a margem de lucro de 15%, resultando então: $54,51\text{€} \times 1,15 = 62,69\text{€}$.

O preço de venda ao cliente final deste pormenor de solução de reabilitação estrutural é de 62,69€ por unidade de reforço.

Como nota final, referir que neste caso em concreto na fase de obra foi utilizada uma peça equivalente à da Rothoblaas, como se pode verificar comparando o pormenor de projeto (Figuras 22 e 23) e a fotografia de obra (Figura 24). Na peça da Rothoblaas as abas laterais são fixas à viga através de parafusos e pregos, enquanto na peça utilizada foi feita através de varão roscado.

3.2.3 REFORÇO DE PAREDES DE TABIQUE EXISTENTES COM PLACAS DE OSB 3

No processo de reabilitação estrutural de paredes de tabique, o reforço pode ser efetuado através de placas de OSB (*Oriented Strand Board* - aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas). Neste projeto foram reabilitadas desta forma as paredes perimetrais da claraoia central da caixa de escadas, e parede exterior recuada do alçado principal no piso 2. Pormenor esquematizado na Figura 26 e representado nas fotografias de obra, Figuras 27 e 28.



Nota: O OSB 3 deve ser fixado aos prumos de madeira embebidos nas paredes de tabique e às tábuas do tabique

FASEAMENTO CONSTRUTIVO:

1. Picagem do reboco;
2. Tratamento das madeiras;
3. Substituição dos elementos degradados;
4. Reforço da parede com placas de OSB de 18mm em numa das faces da parede existente.

Figura 26 - Pormenor de reforço de parede de tabique (NCREP, 2018)

Para efeitos de determinação do custo, seguiu-se a metodologia dos pormenores anteriores, ver Figura 29. Os recursos foram divididos por materiais, mão-de-obra e equipamentos. O custo foi considerado tendo em conta as seguintes tarefas:

- Picagem do reboco existente e limpeza das madeiras;
- Tratamento das madeiras existentes com produto xilófago;
- Substituição de elementos degradados da parede, tábuas e fasquio;
- Reforço da parede com placa de OSB3 de 18mm num dos lados da parede



Figura 27 - Parede de tabique antes de reforço com placa de OSB 3



Figura 28 - Parede de tabique após reforço com placa de OSB3

FICHA DE CUSTO DE TAREFA						
<p>Reforço de parede de tabique existente através da pregagem de uma placa OSB 3 com 18mm de espessura numa das faces; substituição pontual das tábuas degradadas por novos elementos em madeira maciça do tipo resinosa, nomeadamente da espécie Pinus Pinaster da classe resistente C18, com tratamento prévio em autoclave de duplo vácuo (incolor) contra agentes bióticos, incluindo todos os demais acessórios e materiais indispensáveis à sua execução e montagem.</p> <p>NOTA 1: Considera-se a substituição de 20% das tábuas e fasquio da parede de tabique, e tratamento das madeiras existentes com produto anti-biotico do tipo xylophene.</p>						
RECURSO	QUANT	UN	CUSTO	UN	TOTAIS	%
MATERIAIS					20,06 €	53,13%
xylophene	0,33	l/m2	9	€/ml	3,00 €	7,95%
Placa de OSB 3 de 18mm	1,2	m2/m2	7,5	€/m2	9,00 €	23,84%
Tábuas de fasquio	6,7	ml/m2	0,15	€/ml	1,01 €	2,66%
Tábuas maciças	1,4	ml/m2	4,8	€/ml	6,72 €	17,80%
Pregos	10	un/m2	0,03	€/un	0,34 €	0,89%
MÃO DE OBRA					17,60 €	46,62%
Carpinteiro de 1ª	0,8	h/m2	12	€/h	9,60 €	25,43%
Servente	0,8	h/m2	10	€/h	8,00 €	21,19%
EQUIPAMENTOS					0,09 €	0,25%
Serra corte circular	0,1	h	0,18	€/m2	0,02 €	0,05%
Serra mesa	0,1	h	0,76	€/m2	0,08 €	0,20%
TOTAL					37,75 €	

Figura 29 - Ficha de custo de reforço de paredes de tabique existentes com placas de OSB 3

Ao preço obtido na ficha de custo sumamos 5% de custos indiretos (custos administrativos), obtemos: $37,75€ \times 1,05 = 39,64€$

Por fim, soma-se a margem de lucro de 15%, resultando então: $39,64€ \times 1,15 = 45,58€$.

O preço de venda ao cliente final deste pormenor de solução de reabilitação estrutural é de 45,58€ por metro quadrado de parede.

3.3 FLUXO DE MATERIAIS

Em qualquer setor de atividade, o impacto ambiental resultante de uma qualquer intervenção desejar-se-ia nulo. No setor da construção não é diferente, e seja numa obra nova, ou obra de reabilitação, é desejável que o impacto ambiental resultante, seja minimizado tanto quanto possível. É certo que a otimização de processos construtivos, bem como a aplicação de materiais eficientes em todo o seu ciclo de vida, são critérios indispensáveis.

Quando o processo de reabilitação de um edifício é otimizado do ponto de vista de fluxo de materiais, ou seja, quando se otimiza a intervenção tendo em conta a preservação das pré-existências, reduzimos drasticamente a quantidade de materiais que “saem” e a quantidade de materiais que “entram” na obra. E esta é, uma das grandes vantagens de reabilitar, é possível reduzir drasticamente o fluxo de materiais de construção, e com isto reduzir determinantemente o impacto ambiental da intervenção, tal como sustentado no ponto um do artigo 5.º do DL 95/2019.

Como já foi referido anteriormente, este projeto procurou seguir um critério de preservação das pré-existências, que consequentemente optimizou as quantidades de resíduos gerados, sobretudo resultantes de demolições.

As cargas de resíduos resultantes da construção e demolição, são acompanhadas por uma guia de resíduos de construção e demolição (RCD), onde é identificado o transportador, a obra de que resultam, o produtor ou detentor, e a classificação em função do código LER (Lista Europeia de Resíduos) dos resíduos. Identifica ainda a quantidade dos resíduos, em metro cúbico ou tonelada, bem como o destino de descarga. Com base nas guias de RCD, medições de projeto e densidades tabeladas, incluindo empolamentos de volume dos materiais, quantificou-se a quantidade de resíduos resultantes desta obra (Tabela 1):

Tabela 1 – Quantidades de resíduos gerados no caso de estudo A

Elemento/s	Material	Quantidade [ton]	Quantidade [m ³]
Cobertura	Telha cerâmica	7,2	9,75
Cobertura, pavimentos, paredes, caixilharia e vãos interiores	Madeira	5,34	20,07
Pavimento térreo	Terra	121,2	80,81
Revestimento de paredes e tetos	Argamassas	19,46	19,46
Abertura de vãos	Granito	5,87	3,26
TOTAL		159,07	133,35

Dos resíduos gerados, importa referir a quantidade que se conseguiu incorporar em obra, nomeadamente no enchimento do piso térreo que foi cerca de 11,2m³ resultantes da demolição de paredes de pedra para abertura de vãos, complementado com a telha cerâmica da cobertura. Desta forma, os resíduos de paredes de granito e telha foram incorporados na totalidade (3,26m³ de granito e os 9,75m³ de telha cerâmica), resultando num volume total para vazadouro de 120,34m³. Em tonelagem, ficaram incorporadas as 5,87ton de granito e as 7,2ton de telha, resultando em 146ton de carga para vazadouro. O volume resultante dos resíduos da telha e de granito é empolado em 50% para efeitos de carga por ganho de volume após desmontagem. No entanto, como ficou incorporado em obra, e foi novamente compactado, nesta situação o volume gerado e o volume após acondicionamento não é diretamente proporcional ao peso, sendo mais pesado por unidade de volume após

condicionamento e compactação. Por esse motivo, a redução de volume de resíduos gerados não coincide com os 11,2m³ incorporados.

No subcapítulo seguinte, será feita uma análise económica da contribuição dos resíduos de construção e demolição para o custo da obra. Importa notar que, devido ao limite de páginas imposta à dissertação, apenas se contabiliza na análise seguinte o fluxo de saída dos materiais resultantes da construção e demolição, não se listando o fluxo dos materiais de entrada.

3.4 ANÁLISE DE CUSTO

A componente financeira é determinante para a viabilidade de qualquer investimento, em qualquer setor de atividade. No setor da construção, é, regra geral, o fator que viabiliza ou inviabiliza o investimento. No caso em estudo, o edifício reabilitado tem o objetivo de ser rentabilizado por parte do investidor através da venda das frações, todas elas destinadas a habitação.

O processo dá-se da seguinte forma: o investidor adquire o edifício devoluto diretamente ao proprietário ou através de uma agência imobiliária, contrata um gabinete de projeto a elaboração do projeto, dá-se a fase de concurso da empreitada e, escolhido o empreiteiro, é executada a obra. No fim da obra, o investidor/promotor vende diretamente, ou como na maioria das vezes, coloca as frações em imobiliárias para venda.

É relativamente simples entender o processo. O objetivo passa, invariavelmente, por comprar barato, executar a obra ao melhor preço possível, e vender retirando o máximo lucro. A regra é ditada pelo valor de venda de mercado. Se comprar caro e executar a obra cara, o investidor não vai conseguir ter um preço de venda que se coadune com o valor de venda de mercado e que garanta lucro, logo o investimento não é viável. Naturalmente que o valor de mercado depende da classe a que se destina. No caso de estudo, as frações destinavam-se a um público-alvo de classe média-alta.

Tal como foi já mencionado, a área total bruta de construção é de 534,64m² e o número total de fogos/frações cinco, num valor total de empreitada (excluindo trabalhos a mais e a menos) de 388,727.15 €. O indicador de referência na construção é o valor por metro quadrado de construção. No seguimento deste critério, o custo da empreitada de reabilitação deste edifício é de 727.08€/m². É conhecida a atual variação dos preços no mercado da construção em Portugal e, nesse sentido, importa referir que o orçamento foi elaborado e a proposta adjudicada no primeiro trimestre de 2018.

Para a análise comparativa final que se pretende, numa visão holística, é importante analisar o custo por capítulos e o percentual que representa no valor da empreitada.

Tabela 2 – Quadro resumo da proposta do caso de estudo A

		%	Valor/m2	Total
A	GERAL	8,99%	65,37 €	34.950,64 €
1	ESTALEIRO	3,19%	23,20 €	12.402,51 €
2	HIGIENE E SEGURANÇA	0,17%	1,24 €	661,24 €
3	TRABALHOS PREPARATÓRIOS	1,19%	8,66 €	4.628,66 €
4	DEMOLIÇÕES E LIMPEZAS	4,44%	32,28 €	17.258,23 €
B	ESTABILIDADE	6,28%	45,64 €	24.398,91 €
1	TRABALHOS GERAIS	1,23%	8,95 €	4.786,08 €
2	FUNDAÇÕES E ESTRUTURA EM BETÃO ARMADO	0,89%	6,48 €	3.466,19 €
3	PAREDES ESTRUTURAIS	0,34%	2,49 €	1.331,42 €
4	ESTRUTURAS DE MADEIRA	3,07%	22,29 €	11.917,11 €
5	ESTRUTURAS METÁLICAS	0,75%	5,42 €	2.898,11 €
C	ARQUITECTURA	63,80%	463,88 €	248.010,92 €
1	ALVENARIAS E DIVISÓRIAS	4,11%	29,89 €	15.978,77 €
2	ISOLAMENTOS IMPERMEABILIZAÇÃO E	0,93%	6,78 €	3.622,53 €
3	COBERTURAS	2,84%	20,66 €	11.047,87 €
4	CAIXILHARIA EXTERIOR	10,67%	77,56 €	41.466,77 €
5	REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS DE	4,60%	33,42 €	17.869,49 €
6	REVESTIMENTO DE PAREDES DE	4,78%	34,74 €	18.573,05 €
7	REVESTIMENTO DE TECTOS	3,72%	27,02 €	14.444,73 €
8	CARPINTARIA	16,72%	121,55 €	64.987,83 €
9	PINTURAS	2,23%	16,22 €	8.672,63 €
10	SERRALHARIA	1,24%	9,04 €	4.832,45 €
11	COZINHA	4,70%	34,15 €	18.256,15 €
12	EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS	3,20%	23,25 €	12.430,75 €
13	VIDROS E ACRÍLICOS	0,40%	2,90 €	1.549,34 €
14	ARRANJOS EXTERIORES	2,26%	16,46 €	8.799,04 €
15	EQUIPAMENTOS	0,93%	6,76 €	3.616,03 €
16	DIVERSOS	0,48%	3,49 €	1.863,49 €
D	HIDRAÚLICA	5,81%	42,24 €	22.584,91 €
1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	2,56%	18,62 €	9.953,58 €
2	DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS	3,25%	23,63 €	12.631,33 €
E	TÉRMICO E ACÚSTICO	1,24%	9,00 €	4.812,19 €
F	ALIMENTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	4,69%	34,10 €	18.233,14 €
G	INFRAESTRUTURAS DE TELECOMUNICAÇÕES	1,70%	12,34 €	6.594,84 €
H	INSTALAÇÕES MECÂNICAS	2,90%	21,11 €	11.288,02 €
I	OMISSÕES	4,59%	33,39 €	17.853,58 €
Total da proposta S/ IVA			727,08 €	388.727,15 €

Importa salientar dois resultados deste quadro resumo, o valor referente a demolições no artigo 4º do capítulo A, e o todo do capítulo B, referente à estabilidade (estrutura). Quando fazemos a análise entre dois ou mais casos de reabilitação de edifícios similares, o “peso” dos artigos referidos é determinante na avaliação da eficiência da qualidade de intervenção executada.

Mais à frente, os dados resultantes destes artigos serão fundamentais para a análise comparativa que se fará com o caso de estudo B.

Nesta obra, o custo de demolições reflete percentualmente em função do custo total da empreitada 4,44%, o promotor paga 32,28 €/m² para execução de demolições. Na Secção 3.3, no subcapítulo de fluxo de materiais, entende-se que os volumes de demolições resultantes desta obra devem-se, na sua maior parte, à demolição do pavimento térreo no piso -1 para rebaixamento de cota. O restante divide-se por abertura de vãos em paredes de granito e paredes de madeira, remoção da telha cerâmica da cobertura, remoção de madeiras estruturais e não estruturais degradadas, e picagens de revestimentos degradados.

Quando o valor de demolições é baixo, é expectável que o valor para estrutura seja igualmente baixo. E este caso é disso exemplo; todos os trabalhos referentes a reforço estrutural representam 6.28% do custo total da empreitada, refletindo um custo de 45,64 €/m². Deste valor, 22,29 €/m² é relativo à estrutura de madeira, o que representa 3.07%, praticamente metade do valor total destinado ao capítulo de estabilidade, o que é, acrescentese, perfeitamente natural num edifício com estas características. Para que se tenha um valor de escala de referência, numa construção nova, o valor percentual do custo total da obra destinado à estrutura, situa-se normalmente entre os 20% e os 30%. Num caso de reabilitação com estas características, esse valor é sobejamente inferior, como seria de esperar.

3.5 ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE

Como é sabido, o vetor da sustentabilidade está a reformular as práticas em todos os setores. No setor da construção, reabilitar e conservar faz parte de uma nova sensibilidade ecológica que está a revolucionar as práticas de arquitetura e engenharia no panorama da construção civil. A consciência ambiental, individual e coletiva, assume uma importância determinante no concretizar das metas ambientais. No domínio da construção, a reabilitação assume um papel preponderante, quer do ponto de vista da eficiência energética dos edifícios, quer do ponto de vista do prolongamento da sua vida útil e uso, bem como da eficiência material (Silva, 2019).

A nova regulamentação para a reabilitação do edificado publicada no decreto-lei nº 95/2019, de 18 de julho consagra, no artigo 5.º, o “*Princípio da sustentabilidade ambiental*”. Com efeito, a sustentabilidade como princípio na reabilitação, é, desde a publicação deste decreto, um princípio previsto na lei.

Muito embora a obra aqui apresentada como caso de estudo, tenha sido projetada e executada antes da publicação do decreto-lei 95/2019, de 18 de julho, fazendo uma análise comparativa

do que foi as pretensões do projeto e a aplicação em obra, com os 3 pontos previstos no artigo 5.º do decreto-lei 95/2019, esta intervenção cumpre, em grande medida, os requisitos previstos. Analisando comparativamente o caso de estudo com os 3 pontos do artigo 5.º, temos:

“1 -A atividade da reabilitação deve ser orientada para a minimização do seu impacto ambiental, assumindo o desígnio da preservação dos recursos naturais e da biodiversidade, com particular incidência na redução da extração e processamento de matérias-primas, produção de resíduos e emissão de gases nocivos.” Como foi já referido anteriormente, a linha orientadora desta intervenção foi a preservação das preexistências. A intervenção incidiu sobre o existente sem qualquer acréscimo de construção nova, o que, por si só, é uma forte medida orientadora para a minimização do impacto ambiental da intervenção. A conservação e preservação do existente permite a redução muito significativa de incorporação de novos materiais, o que, por consequência, reduz as necessidades de extração e processamento de matérias-primas, e a poluição que lhes está associada. Em resumo, pode-se considerar que esta intervenção cumpriu o desígnio previsto neste ponto.

“2 -A reabilitação de edifícios contribui para a sustentabilidade ambiental através do aumento da vida útil dos edifícios e deve privilegiar a reutilização de componentes da construção, a utilização de materiais reciclados, a redução da produção de resíduos, a utilização de materiais com reduzido impacto ambiental, a redução de emissão de gases com efeito estufa, a melhoria da eficiência energética e a redução das necessidades de energia, incluindo a energia incorporada na própria construção, bem como o aproveitamento de fontes de energia renováveis.” O edifício do caso de estudo à data da intervenção estava devoluto. Prolongar a vida útil do edifício é um desígnio da sustentabilidade previsto neste ponto, a preservação das pré-existências e o aproveitamento dos produtos resultantes da demolição em alguns elementos de pedra para a fundação do piso térreo, privilegia a reutilização de componentes da construção, a reciclagem de materiais, a redução da produção de resíduos, a utilização de materiais com reduzido impacto ambiental e a redução de gases com efeito de estufa, princípios previstos neste ponto 2 do regulamento. Importa sublinhar que os processos construtivos são de forte componente manual, o que reduz incomparavelmente o impacto ambiental. O objetivo de uma intervenção desta natureza, deve passar pela melhoria do desempenho energético através da introdução de caixilharia nova com perfis de rotura térmica, o reboco térmico aplicado no alçado posterior, a cobertura nova com camada de isolamento térmico, etc são medidas disso exemplo. Releve-se ainda o facto de serem medidas passivas de intervenção, o que as torna ainda mais vantajosas neste contexto. Por outro lado, o edifício estava devoluto, não tinha necessidades de consumo e, após a intervenção, passou a ter, aumentou inevitavelmente as suas necessidades energéticas. Por fim, não foram instalados equipamentos de energias renováveis como painéis solares, que permitiriam o aquecimento das águas sanitárias. A opção passou pela instalação de um termoacumulador elétrico, por apartamento. Neste último desígnio de aproveitamento das energias renováveis e eficiência, poder-se-ia ter ido mais além na orientação das soluções.

Contudo, na análise comparativa deste ponto do regulamento com o caso de estudo, o balanço continua francamente positivo.

“3 -No fim da vida útil de componentes ou partes da construção, esgotadas as soluções de manutenção e reabilitação, devem ser privilegiadas ações de desconstrução ou desmontagem, de modo a responder aos objetivos previstos no número anterior, em detrimento da demolição, ainda que seletiva.” Este desígnio foi conseguido, em parte, fazendo o aproveitamento possível de materiais em fim de vida, como foi o caso da telha cerâmica da cobertura que foi parcialmente utilizada na fundação do piso térreo. Os elementos de madeira degradados, sem possibilidade de reabilitação, foram transportados a local próprio para transformação em biomassa, tendo os restantes sido transportados a vazadouro certificado para transformação.

Com base na análise comparativa anterior poder-se-á concluir que, do ponto de vista da sua sustentabilidade global, esta intervenção foi muito positiva.

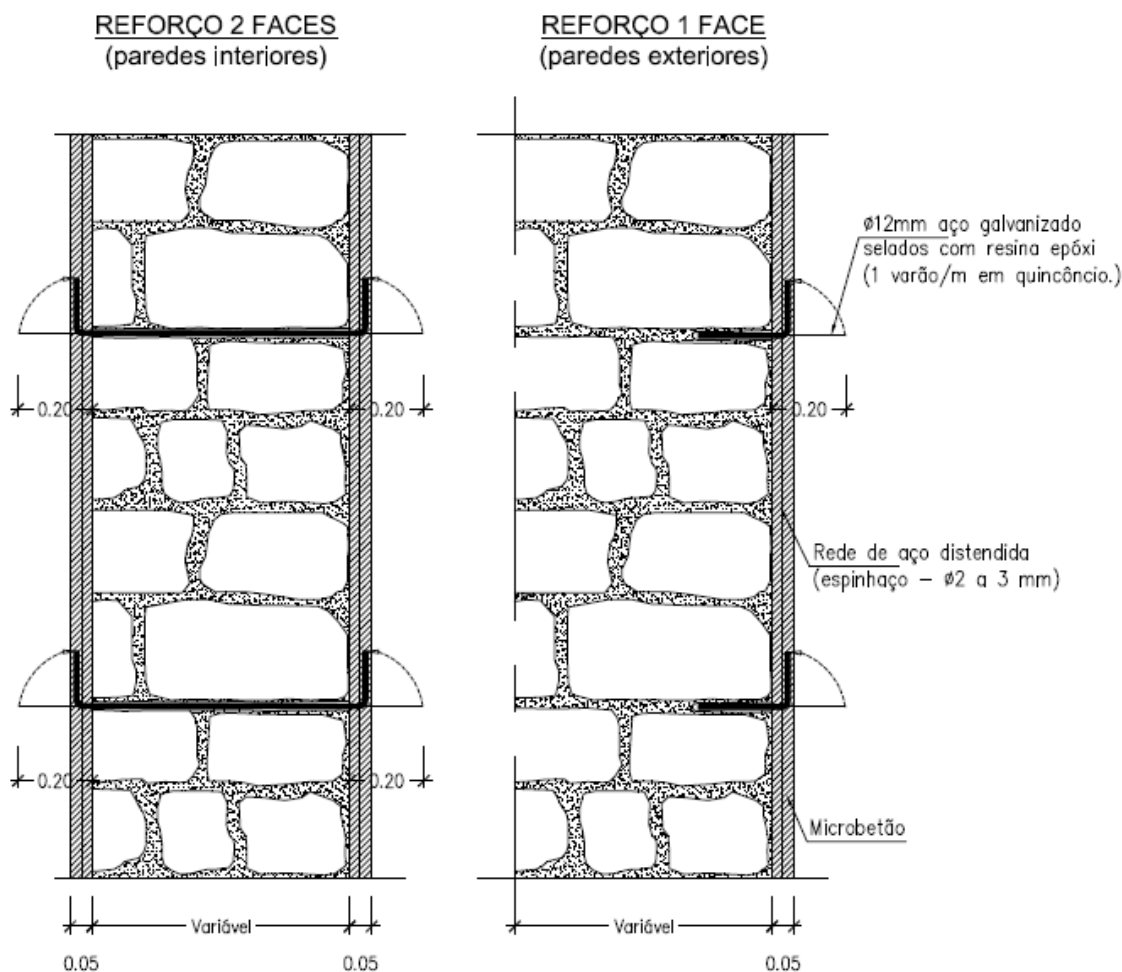
3.6 PROPOSTA DE UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO DE REFORÇO SÍSMICO E ANÁLISE DO SEU IMPACTO ECONÓMICO

Também do ponto de vulnerabilidade sísmica, o novo decreto-lei 95/2019, de 18 de julho, trouxe avanços importantes, prevendo, no seu artigo 8.º, a eventual obrigatoriedade de, em obras de ampliação, alteração ou reconstrução, se proceder à elaboração de um relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica do edifício, remetendo para portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, a definição das situações em que é exigível a elaboração de projeto de reforço sísmico. Até então, salvaguardados pelo decreto-lei n.º 53/2014, de 8 de abril, agora revogado, os projetistas podiam dispensar a avaliação sísmica desde que não fossem agravadas as condições de segurança existentes. Este período foi o suficiente para serem reabilitados dezenas de edifícios em zonas com níveis de perigosidade sísmica elevada, sem quaisquer critérios de segurança sísmica.

Embora o caso em estudo seja localizado na cidade do Porto, que é uma zona de baixa sismicidade, entendeu-se ser uma mais valia apresentar uma medida de reforço sísmico e avaliar o impacto financeiro na obra.

Pese embora as características e materiais construtivos dos edifícios antigos poderem diferir consoante a zona do país, principalmente os materiais, considera-se que este edifício constitui um bom exemplo de aplicação de uma solução deste género.

Para este efeito foi considerado o reforço sísmico do edifício através do reforço global das paredes em alvenaria de pedra com reboco armado. Apresenta-se, na Figura 30, o correspondente pormenor construtivo.



FASEAMENTO CONSTRUTIVO:

1. Picagem dos rebocos existentes das alvenarias de pedra a reforçar e limpeza da superfície da alvenaria com jato de água;
2. Consolidação das juntas da alvenaria de pedra, através da limpeza e refecimento de juntas e reposição de material pétreo desprendido;
3. Aplicação de uma 1ª camada de chapisco em argamassa à base de cimento e areia, para garantir rugosidade na superfície de contacto com a alvenaria (caso se justifique);
4. Selagem de ferrolhos metálicos e montagem de armadura de reforço em rede de aço distendida, conforme Pormenor, garantindo um afastamento mínimo da malha à parede de 2cm;
5. Projeção da camada de microbetão, numa espessura mínima de 6cm;.

Figura 30 - Pormenor de reboco armado (Botelho, 2018)

Após realizar as necessárias operações de limpeza e picagens da superfície, e de consolidação das juntas, aplica-se ferrolhos para montagem da rede eletrossoldada de forma a garantir um afastamento à parede de 2cm. Posteriormente, aplica-se o microbetão projetado numa espessura de 6cm, ver Figura 31.

Para efeitos de determinação do custo, seguiu-se a metodologia dos pormenores apresentados na Secção 3.2, isto é, preencheu-se uma ficha de custo que quantifica os recursos utilizados e o seu custo unitário por unidade de medida correspondente, ver Figura 32. Os recursos foram divididos por materiais, mão-de-obra e equipamentos.

O custo foi considerado tendo em conta as seguintes tarefas:

- Picagem das juntas;
- Limpeza das juntas e da pedra com jato de água;
- Consolidação das juntas e pedra solta;
- Aplicação de cantoneira junto ao fundo para remate do material projetado;
- Aplicação de ferrolhos em ferro de 12mm, conforme pormenor espaçados a 1m em quincôncio para suporte e montagem da rede eletrossoldada;
- Projeção da primeira camada de microbetão de 3cm, até ganhar alguma presa para projeção da segunda camada de 3cm a completar os 6cm finais;
- Acabamento “atalochado”.



Figura 31 - Exemplo de aplicação da rede e projeção da primeira camada de microbetão (progepom.pt)

FICHA DE CUSTO						
Execução de reboco armado de reforço de paredes resistentes, incluindo limpeza das superfícies a tratar, avivar as juntas das pedras, lavagem e limpeza das juntas e das paredes em geral, refecimento das juntas colmatando-as completamente com uma argamassa aditivada com "SIKALATEX" ou equivalente, aplicação em toda a área a tratar de rede malha de 50mm, com Ø2 a 3mm, galvanizada, fixa à parede com ferrolhos Ø8mm, projecção de microbetão numa espessura mínima de 60mm, remate do reboco nas fundações com recurso a cantoneiras metálicas galvanizadas L50x50x5mm, incluindo todos os trabalhos acessórios necessários à sua correcta execução, tudo de acordo com as Condições Técnicas do Caderno de Encargos.						
RECURSO	QUANT	UN	CUSTO	UN	TOTAIS	%
MATERIAIS					20,05 €	52,31%
Seciltek microbetão 25	102	kg/m2	0,11	€/kg	11,22 €	29,28%
Rede eletrosoldada Topeca	1,05	m2/m2	3,1	€/m2	3,26 €	8,49%
Cantoneira L galv 50x50x5mm	0,285	ml/m2	15,5	€/m2	4,42 €	11,53%
Ferrolhos	2	un/m2	0,58	€/m2	1,15 €	3,01%
MÃO DE OBRA					17,00 €	44,36%
Picagens	0,3	h/m2	10	€/h	3,00 €	7,83%
Consolidação	0,3	h/m2	10	€/h	3,00 €	7,83%
Lavagem de Juntas	0,3	h/m2	10	€/h	3,00 €	7,83%
Rebocos e rede	0,8	h/m2	10	€/h	8,00 €	20,88%
Rebocos		0,8 h/m2	8 €/h		1,27 €	3,32%
Máquina de projetar	0,8	h/m2	1,57	€	1,26 €	3,28%
Rebarbadora	0,05	h/un	0,35	€	0,02 €	0,05%
TOTAL					38,32 €	

Figura 32 - Ficha de custo de consolidação de paredes de alvenaria com microbetão projetado

Ao preço obtido na ficha de custo, somaram-se 5% de custos indiretos (custos administrativos), obtendo-se: $38,32€ \times 1,05 = 40,24€$

Por fim, soma-se a margem de lucro de 15%, resultando então: $40,24€ \times 1,15 = 46,27€$.

O preço de venda ao cliente final deste pormenor de solução de reforço estrutural é de 46,27€ por metro quadrado de parede.

Neste caso de estudo, a área total das alvenarias de pedra a serem projetadas totaliza 815m², estão contempladas o lado interior das paredes perimetrais (alçado posterior, frontal e paredes meiras laterais) e parede central da cave nas duas faces.

Multiplicando o valor unitário de 46,27€ pela quantidade total, os 815m², obtemos então um custo total desta operação, que é 37.710,05€. Admitiu-se concluir com o acabamento estucado já previsto, não existindo desta forma deduções a fazer.

Adicionando este custo ao quadro resumo da proposta, é possível analisar percentualmente, e em valor por m², o impacto que esta medida teria na empreitada.

Tabela 3 - Quadro resumo da proposta do caso de estudo A com adicional de reforço sísmico

		%	Valor/m2	Total
A	GERAL	8,20%	65,37 €	34 950,64 €
1	ESTALEIRO	2,91%	23,20 €	12 402,51 €
2	HIGIENE E SEGURANÇA	0,16%	1,24 €	661,24 €
3	TRABALHOS PREPARATÓRIOS	1,09%	8,66 €	4 628,66 €
4	DEMOLIÇÕES E LIMPEZAS	4,05%	32,28 €	17 258,23 €
B	ESTABILIDADE	5,73%	45,71 €	24 436,99 €
1	TRABALHOS GERAIS	1,12%	8,95 €	4 786,08 €
2	FUNDAÇÕES E ESTRUTURA EM BETÃO ARMADO	0,81%	6,48 €	3 466,19 €
3	PAREDES ESTRUTURAIS	0,31%	2,49 €	1 331,42 €
4	ESTRUTURAS DE MADEIRA	2,80%	22,36 €	11 955,19 €
5	ESTRUTURAS METÁLICAS	0,68%	5,42 €	2 898,11 €
C	ARQUITECTURA	58,15%	463,88 €	248 010,92 €
1	ALVENARIAS E DIVISÓRIAS	3,75%	29,89 €	15 978,77 €
2	ISOLAMENTOS IMPERMEABILIZAÇÃO	0,85%	6,78 €	3 622,53 €
3	COBERTURAS	2,59%	20,66 €	11 047,87 €
4	CAIXILHARIA EXTERIOR	9,72%	77,56 €	41 466,77 €
5	REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS	4,19%	33,42 €	17 869,49 €
6	REVESTIMENTO DE PAREDES	4,36%	34,74 €	18 573,05 €
7	REVESTIMENTO DE TECTOS	3,39%	27,02 €	14 444,73 €
8	CARPINTARIA	15,24%	121,55 €	64 987,83 €
9	PINTURAS	2,03%	16,22 €	8 672,63 €
10	SERRALHARIA	1,13%	9,04 €	4 832,45 €
11	COZINHA	4,28%	34,15 €	18 256,15 €
12	EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS	2,91%	23,25 €	12 430,75 €
13	VIDROS E ACRÍLICOS	0,36%	2,90 €	1 549,34 €
14	ARRANJOS EXTERIORES	2,06%	16,46 €	8 799,04 €
15	EQUIPAMENTOS	0,85%	6,76 €	3 616,03 €
16	DIVERSOS	0,44%	3,49 €	1 863,49 €
D	HIDRAÚLICA	5,30%	42,24 €	22 584,91 €
1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	2,33%	18,62 €	9 953,58 €
2	DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS	2,96%	23,63 €	12 631,33 €
E	TÉRMICO E ACÚSTICO	1,13%	9,00 €	4 812,19 €
F	ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA	4,28%	34,10 €	18 233,14 €
G	INFRAESTRUTURAS DE TELECOMUNICAÇÕES	1,55%	12,34 €	6 594,84 €
H	INSTALAÇÕES MECÂNICAS	2,65%	21,11 €	11 288,02 €
I	OMISSÕES	4,19%	33,39 €	17 853,58 €
J	REFORÇO SÍSMICO - CONSOLIDAÇÃO DE ALVENARIA DE PEDRA COM MICROBETÃO PROJETADO	8,84%	70,53 €	37 710,05 €
Total da proposta S/ IVA			797,69 €	426 475,28 €

Por análise do quadro, verifica-se que este reforço acresceria cerca de 8,84% ao preço da empreitada, que representa cerca de 70,53 €/m².

Segundo um estudo feito no núcleo urbano antigo da cidade da Horta por Ferreira, et al. (2017), onde foram estudados a eficiência de pacotes de reabilitação sísmica, a reabilitação com rebocos armados enquadra-se no pacote SP3, os autores demonstraram neste trabalho que os rebocos armados são eficientes na redução das probabilidades de colapso e inutilização de edifícios, perdas humanas e desalojados. Segundo o estudo referido, a medida de reforço através de rebocos armados é de um nível alto de eficácia, mesmo em sismos com grau de severidade alta. Numa avaliação de custo/benefício, sendo difícil quantificar o valor da vida humana, pela análise deste caso de estudo o benefício é sobejamente superior ao custo. A representação de 8,84% no custo total da empreitada é inferior, por exemplo, aos 9,87% do valor da caixilharia exterior. De facto, numa análise e reavaliação de projeto, não seria uma tarefa difícil diluir os 8,84% deste custo de reforço noutras tarefas, diminuindo, por exemplo, a qualidade dos acabamentos que em nada interferem com a segurança estrutural do edifício.

4 CASO DE ESTUDO B

Neste capítulo é apresentado um caso de estudo de uma obra de reabilitação. Trata-se de um edifício de habitação do final do século XIX, início do século XX, localizado em Marco de Canaveses. Embora não tendo sido possível datar o ano exato da construção, foi possível recolher alguns elementos válidos que localizam a construção na época referida. Com efeito, por consulta a entidades públicas, foi possível aferir, unicamente, que o edifício foi construído antes de 1937. Contudo, o proprietário de um edifício localizado na mesma rua, com características construtivas semelhantes, informou que o edifício de sua propriedade datava de 1881, por paralelismo admite-se que o edifício deste caso de estudo date da mesma década. Partindo da intervenção de reabilitação iniciada em 2017, e concluída no início de 2018, pretende-se analisar nesta secção algumas das soluções de reabilitação adotadas, nomeadamente de reforço estrutural, representá-las e quantificá-las do ponto de vista económico e da sua sustentabilidade. Este projeto é tido como um caso característico do chamado “fachadismo”, em que apenas foi preservada a fachada principal, tendo sido demolido todo o restante edifício e adotada como estratégia estrutural a implementação de uma nova estrutura com elementos em betão armado e estrutura metálica. Portanto, soluções fortemente intrusivas, sem preservação das preexistências, e que ignoram as recomendações nacionais e internacionais para uma reabilitação sustentada e sustentável. O resultado foi uma intervenção da qual resultaram grandes volumes de resíduos e forte incorporação de novos materiais, alguns com elevado impacto ambiental, como é o caso do betão e do aço. Na Figura 33 apresentam-se duas fotografias. Na primeira, com data estimada da primeira metade do século XX, e a segunda, mais recente, provavelmente já do início da segunda metade, é possível identificar o edifício em estudo e a envolvente. Da análise da primeira para a segunda fotografia é possível verificar que o edifício adjacente do lado direito sofreu um aumento (ver seta vermelha).

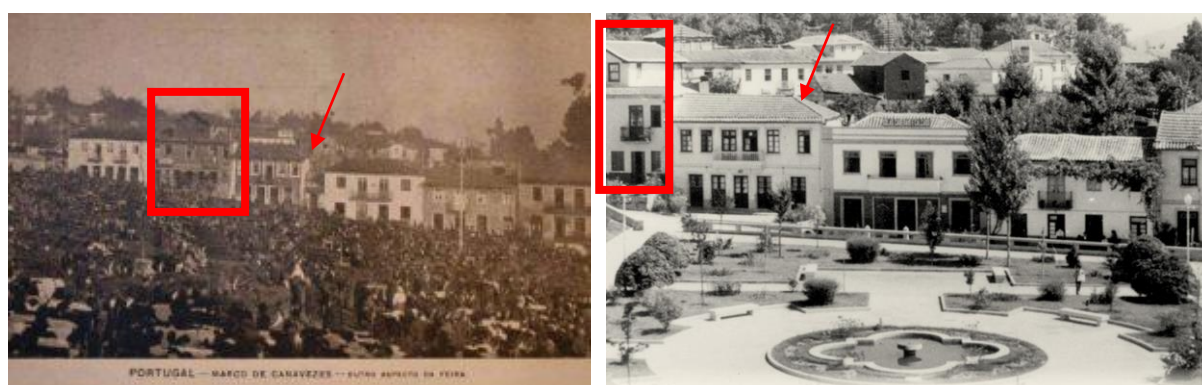


Figura 33 - Fotografias de meados do século XX onde se identifica o edifício em estudo

4.1 APRESENTAÇÃO/CARACTERIZAÇÃO

O edifício apresentado como caso de estudo, ver Figuras 34 a 38, localiza-se na Rua Dr. João Leal, em Marco de Canaveses. É um edifício de características tradicionais, constituído por alvenaria resistente de pedra de granito, pisos e cobertura em madeira.

O alvará destinado a obras de ampliação / alteração, apresenta as seguintes características para a intervenção:

- Área bruta de construção 414,50 m²;
- Volume de construção: 1178,50 m³;
- Índice de construção: 1,43;
- Área de implantação: 103,00 m²;
- Índice de impermeabilização: 0,40;
- Nº de pisos abaixo da cota de soleira: 1;
- Nº de pisos acima da cota de soleira: 3;
- Cércea: 9,80 m;
- Número total de fogos: 7.

Como foi já referido, a obra iniciou em Abril de 2017 e terminou em Março de 2018.



Figura 34 – Alçado Frontal (Arquitetura, 2017)



Figura 35 – Alçado Tardoz (Arquitetude, 2017)

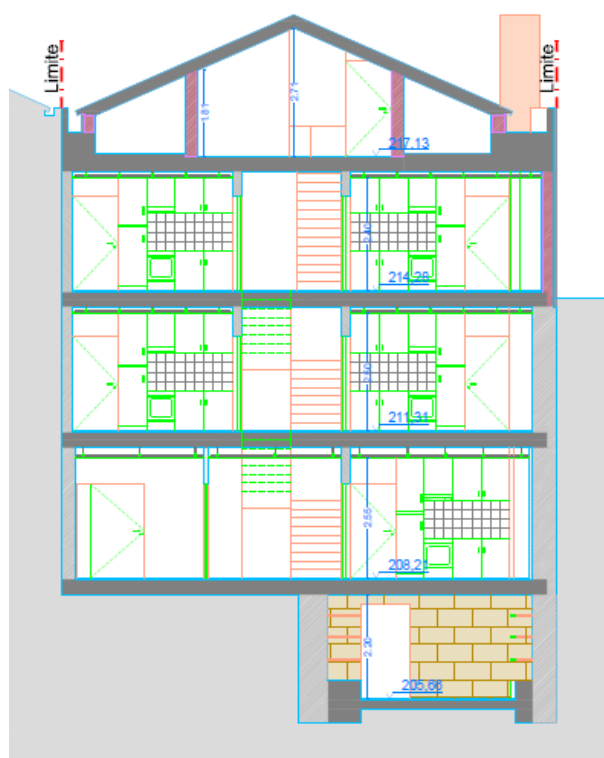


Figura 36 – Corte Transversal (Arquitetude, 2017)

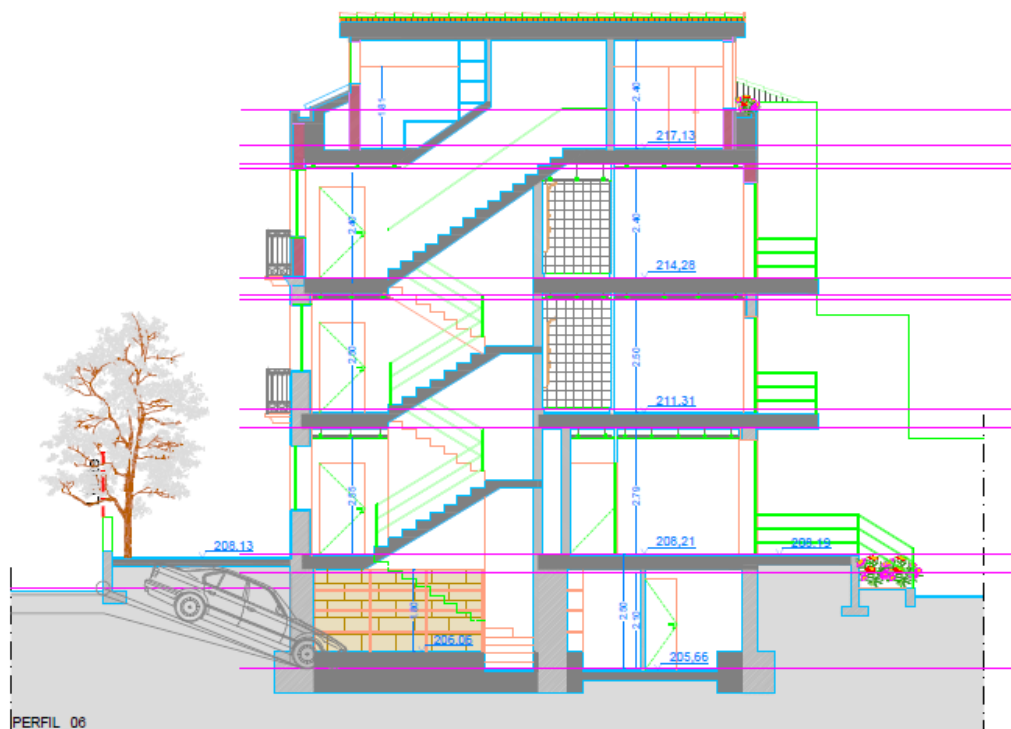


Figura 37 – Corte Transversal (Arquitetude, 2017)

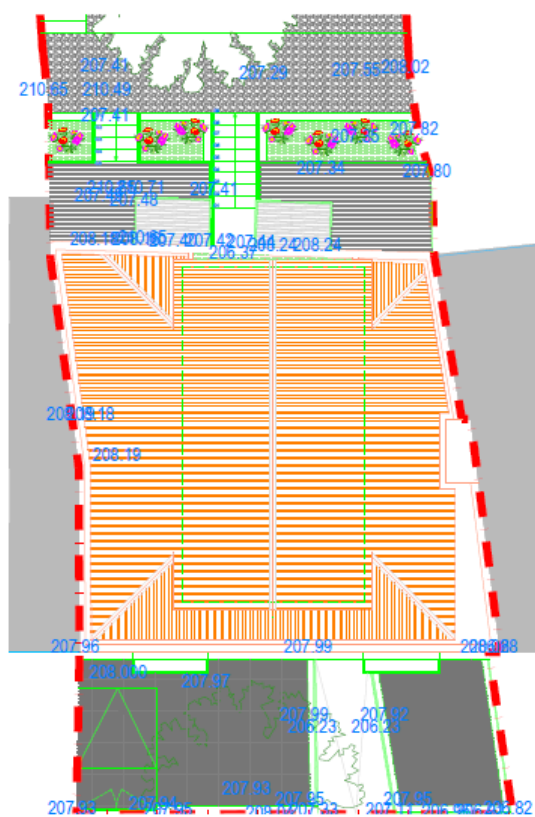


Figura 38 – Planta de Cobertura (Arquitetude, 2017)

O edifício tem 10,63m de largura por 10,07m de comprimento, medidas exteriores das paredes. Representativo da arquitetura e construção local da época, ver Figuras 39 e 40, as paredes estruturais são em alvenaria de granito em perpianho (Figuras 42 a 45), típico e original da região. As duas paredes periféricas laterais são meeiras, “partilhadas” com os edifícios vizinhos. As fundações resultam do alargamento das paredes de granito na base, ver Figura 44. A estrutura dos pavimentos é em vigas de madeira de “pinho”, sendo os pavimentos revestidos a soalho nacional de “pinho”, ver Figura 42. A estrutura da cobertura é constituída por asnas, madres, varas e ripado de madeira onde assenta telha cerâmica do tipo marselha. As paredes exteriores das águas furtadas são de madeira, taipa de fasquio, sendo as interiores de tabique, ver Figura 43.



Figura 39 – Fachada frontal antes de reabilitado



Figura 40 – Fachada frontal após reabilitação



Figura 41 – Nova fachada posterior



Figura 42 – Estrutura de pisos existentes a demolir



Figura 43 – Parede de tabique a demolir



Figura 44 – “Miolo” demolido e fundação existente



Figura 45 - Fachada posterior a ser demolida

4.2 SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS

Tal como referido na secção anterior, o edifício aqui analisado foi alvo de uma intervenção de reabilitação com características profundamente intrusivas. Aproveitando a maior cêrcea do edifício vizinho, para efeitos de enquadramento no espaço, a Câmara Municipal permitiu, no âmbito do licenciamento do projeto de reabilitação, que o edifício fosse aumentado um piso, cumprindo o alinhamento da cumeeira desse mesmo edifício, ver Figuras 35, 39 e 40. Dado que todo o “miolo” foi demolido, o último piso do edifício existente, as “águas furtadas” desapareceu. Deste facto resulta que, na intervenção levada a cabo, os dois últimos pisos são executados na totalidade com novos materiais, ver Figuras 46 e 47, a saber, lajes de betão armada e paredes exteriores em bloco de termoargila e sistema ETICS.



Figura 46 – Betonagem de novo piso



Figura 47 – Alvenarias em bloco de termoargila

Além da demolição integral do “miolo” do edifício, foi também demolida a totalidade da parede do alçado posterior, executada novamente em bloco de termoargila, com a finalidade de ganhar mais espaço interior. Do edifício existente restou apenas a parede do alçado frontal e as duas paredes laterais (meeiras) até ao nível do piso 2, todo o resto foi demolido.

Ao nível do piso -1, foi feito um abaixamento de cota correspondente a 1m, um ensoleiramento geral em betão armado e muros de contenção periférica até ao nível do piso 0, ver Figuras 48 e 49.

Desde a laje do piso 0 à laje do piso 1, a estrutura desenvolveu-se com pilares metálicos de perfil HEB de diferentes dimensões, lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas e abobadilha, ver Figura 50. Do piso 1 ao piso 2, os pilares continuaram no mesmo tipo de perfil metálico. Aqui, a laje foi maciça de betão armado, armada nas duas direções, ver Figura 51. A estrutura de cobertura das águas furtadas foi executada em aço leve, ver Figura 52. Na Figura 53, é possível ver o novo alçado posterior construído em bloco de termoargila.

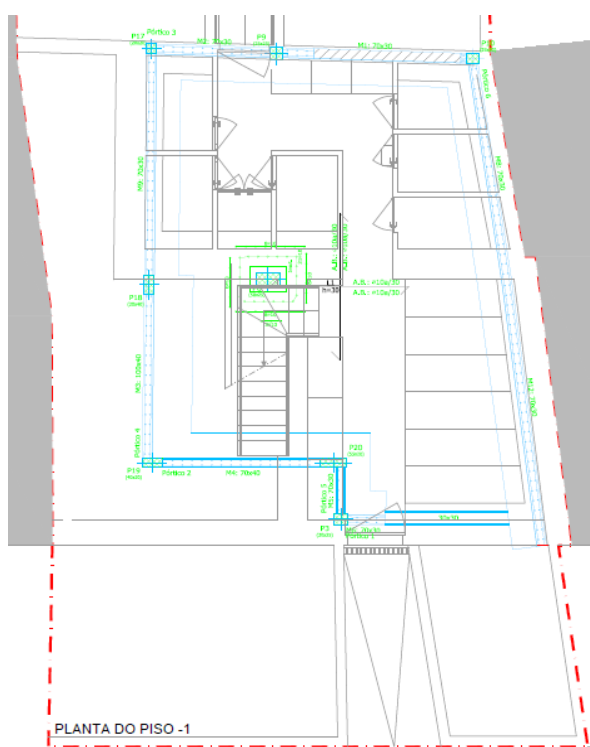


Figura 48 - Planta de fundações (Arquitetude, 2017) Figura 49 – Betonagem de muros periféricos



Figura 50 - Laje aligeirada do piso 0



Figura 51 - Laje maciça do piso 2

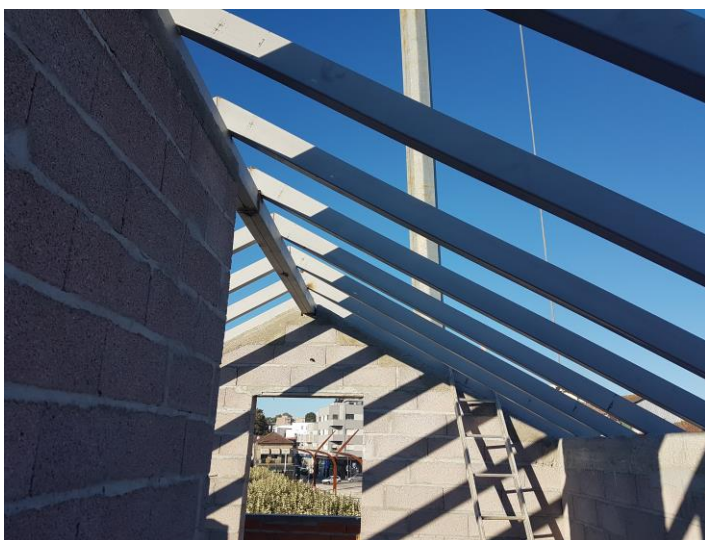


Figura 52 - Estrutura da cobertura



Figura 53 - Novo alçado posterior

O projeto é em tudo idêntico a um projeto de construção nova, não contemplando qualquer pormenor construtivo característico de uma obra de reabilitação de edifícios antigos. A parede de alvenaria de pedra de granito do alçado principal do piso 0 e piso 1, dos poucos elementos que foram preservados, foi revestida pelo exterior com reboco térmico (Redur da Secil). Todas as restantes paredes exteriores foram construídas em bloco de termoargila revestidas com sistema ETICS, e os acabamentos do edifício foram dentro dos parâmetros comuns de construção nova, pelo facto de não haver recuperação/reabilitação de qualquer elemento existente seguindo os tradicionais padrões contemporâneos de arquitetura.

4.3 FLUXO DE MATERIAIS

Este caso de estudo, como já referido anteriormente, não seguiu critérios como a preservação das pré-existências, razão pela qual o volume de demolições gerado é elevado. Para além da quantidade de resíduos gerada, é a quantidade de novos materiais introduzidos na construção, que somados tornam as intervenções com este tipo de opções de projeto, excessivamente impactantes do ponto de vista da sustentabilidade.

As cargas de resíduos resultantes da construção e demolição, tal como já explicado no caso de estudo A são acompanhadas por uma guia de resíduos de construção e demolição RCD. De igual forma, com base nas guias de RCD, medições de projeto e densidades tabeladas, incluindo empolamentos de volume dos materiais quantificou-se a quantidade de resíduos resultantes desta obra, apresentadas abaixo na Tabela 4:

Tabela 4 - Quantidades de resíduos gerados no caso de estudo B

Elemento/s	Material	Quantidade (ton)	Quantidade (m³)
Cobertura	Telha cerâmica	4,9	6,96
Cobertura, pavimentos, paredes, caixilharia e vãos interiores	Madeira	14,02	52,47
Pavimento térreo	Terra	276,66	153,7
Revestimento de pavimentos	Betonilhas	16,96	12,7
Demolição de paredes	Granito	139,75	83,9
Escadaria	Betão	13,22	8,3
Paredes dos anexos	Bloco de cimento	6,8	11,32
TOTAL		472,31	329,35

O rácio de resíduos gerados por metro quadrado de construção, tal como seria de esperar pela natureza e pelas características da intervenção, é francamente elevado. Importa referir que, dos resíduos gerados, não houve qualquer incorporação na obra, elevando o impacto da intervenção.

Positivamente refira-se o facto das terras resultantes da escavação para alargamento do piso -1 e rebaixamento de cota do mesmo piso, ter sido incorporada nos arranjos exteriores de uma construção vizinha, localizada a cerca de 7km de distância. Na mesma linha, a pedra resultante do desmonte da parede central e posterior do edifício, foi incorporada num muro de vedação de um terreno localizado a cerca de 3km de distância. O restante foi transportado a vazadouro.

Importa ressaltar que, na presente análise, contabilizou-se apenas o fluxo de saída dos materiais resultantes da construção e demolição, não tendo sido listando o fluxo dos materiais de entrada.

Para efeitos de cálculo do volume, considerou-se, tal como no caso A, 50% de empolamento dos materiais após desmonte.

4.4 ANÁLISE DE CUSTO

Inicialmente, o promotor planeou rentabilizar o investimento através de arrendamento permanente e alojamento local, ou seja, das sete frações constituintes do edifício estava previsto que seis frações fossem destinadas a habitação, e uma destinada a comércio. Três das frações destinadas a habitação e a fração destinada a comércio seriam rentabilizadas através de arrendamento permanente, as restantes três frações rentabilizadas através de alojamento local. No final da obra, o promotor entendeu transformar a fração destinada a comércio em fração de habitação. Assim, das sete frações constituintes do edifício quatro estão atualmente em arrendamento permanente e três em alojamento local.

A área total bruta de construção é de 414,50m² e o número de fogos/frações perfaz um total de sete. O valor total da empreitada totalizou 273,057.41€. Assumindo o indicador de referência na construção como o valor por metro quadrado de construção, o custo da empreitada de reabilitação deste edifício foi estabelecido em 658.76€/m². Importa referir que o orçamento foi elaborado e a proposta adjudicada no primeiro trimestre de 2017, estando por isso, este valor, sujeito a uma elevada variação resultante atual dinâmica de preços registado no mercado da construção em Portugal.

Para a análise comparativa final que se pretende, numa visão holística, é importante analisar quer o custo por capítulos, quer o percentual que esses custos representam no valor global da empreitada, ver Tabela 5.

Tabela 5 - Quadro resumo da proposta do caso de estudo B

		%	Valor/m ²	Total
A	GERAL	8,37%	55,17 €	22.867,69 €
1	ESTALEIRO	1,81%	11,90 €	4.934,22 €
2	TRABALHOS PREPARATÓRIOS	0,97%	6,42 €	2.659,92 €
3	DEMOLIÇÕES E LIMPEZAS	5,59%	36,85 €	15.273,55 €
B	ESTABILIDADE	21,12%	139,10 €	57.656,51 €
1	MOVIMENTO DE TERRAS	1,27%	8,34 €	3.458,25 €
2	FUNDAÇÕES E ESTRUTURA EM BETÃO ARMADO	14,78%	97,37 €	40.360,76 €
3	ESTRUTURAS METÁLICAS	5,07%	33,38 €	13.837,50 €
C	ARQUITECTURA	60,81%	400,57 €	166.034,76 €
1	PAREDES - ALVENARIAS, DIVISÓRIAS, REVESTIMENTOS, ISOLAMENTOS E IMPERMEABILIZAÇÕES	16,26%	107,11 €	44.396,06 €
2	CANTARIAS	1,03%	6,79 €	2.814,18 €
3	COBERTURAS, CALEIRAS E RUFOS	4,03%	26,58 €	11.015,51 €
4	CAIXILHARIA EXTERIOR	5,63%	37,07 €	15.365,00 €
5	PAVIMENTOS REVESTIMENTOS, ISOLAMENTOS E IMPERMEABILIZAÇÕES	4,99%	32,90 €	13.638,78 €
6	TETOS - REVESTIMENTOS E ISOLAMENTOS	2,25%	14,84 €	6.151,39 €
7	CARPINTARIA E COZINHAS	8,38%	55,19 €	22.877,75 €
8	PINTURAS	2,34%	15,45 €	6.401,96 €
9	SERRALHARIA	4,76%	31,36 €	13.000,00 €
10	EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS	2,76%	18,20 €	7.543,30 €
11	ARRANJOS EXTERIORES	5,35%	35,23 €	14.604,61 €
12	EQUIPAMENTOS	1,81%	11,92 €	4.940,00 €
13	DIVERSOS	1,20%	7,93 €	3.286,22 €
D	HIDRAÚLICA	2,35%	15,48 €	6.418,50 €
E	ELETRICIDADE E ITED	3,83%	25,26 €	10.471,00 €
F	AVAC	3,52%	23,18 €	9.608,95 €
Total da proposta S/ IVA			658,76 €	273.057,41 €

De entre outros aspetos interessantes, importa salientar, na Tabela 5, dois resultados chave: (i) o valor referente a demolições no artigo 3º do capítulo A; e (ii) o todo do capítulo B, referente à estabilidade (estrutura). Como já referido no caso de estudo A, são artigos fundamentais na avaliação da eficiência da qualidade de intervenção.

Nesta obra, o custo de demolições reflete percentualmente, em função do custo total da empreitada, 5,59%, o que significa que o promotor paga 36,85 €/m² para execução de demolições. Recorde-se que todo o miolo do edifício, anexos e parede posterior foi demolido. Nesse sentido, poder-se-á até dizer que seria expectável que o valor do artigo de demolições fosse mais expressivo e, percentualmente mais representativo, dado o volume de demolição e o rácio que esse volume representa em função da área de construção. No entanto, ressalve-se o facto de que, uma demolição quase integral, ficam dispensados quaisquer cuidados de preservação, tendo este fator uma influência determinantemente no preço, apesar do grande volume de resíduos resultante.

Tal como seria de esperar, o valor do capítulo B é elevado, idêntico aos valores de referência para construção nova, balizando-se normalmente entre os 20% e os 30%. Todos os trabalhos referentes ao capítulo de estabilidade representam 21.12% do custo total da empreitada, traduzindo-se num custo de 139,10 €/m². Deste valor, 97,37 €/m² é relativo à estrutura de betão armado, o que representa 14.78%, sensivelmente dois terços do valor total destinado ao capítulo de estabilidade. 33,38 €/m² é relativo à estrutura metálica (pilares e cobertura), o que representa 5.07%, sensivelmente um terço do capítulo. O restante valor, residual, representa o movimento de terras para implantação de funções e rebaixamento de cota do piso -1.

Importa também analisar o artigo 1º do capítulo C (Arquitetura). Este artigo refere-se às paredes e contribui com 16,26%, representando um custo de 107,11 €/m². Este valor, que é elevado, é resultado direto das opções tomadas para o projeto, que não tomou a preservação de pré-existências como prioridade.

Por fim, importa analisar também o artigo 7º do capítulo C (Arquitetura), referente às carpintarias, o qual contribui com 8,38% e representa um custo de 55,19 €/m². Poder-se-ia dizer que a carpintaria é a “fina arte” dos acabamentos de uma construção. É, regra geral, um capítulo importante na variação de preço, seja pelo nível de acabamento ou pelo trabalho manual que exige no caso da preservação de pré-existências. Com efeito, estas duas variáveis são aquelas que mais influência apresentam na variação dos preços desta “arte”. Neste caso de estudo, as frações foram destinadas a um público-alvo da classe média. Dado que não houve preservação de elementos de madeira, o valor deste artigo é referente a elementos de carpintaria novos prescritos com um nível de qualidade médio, o que justifica o peso relativo bastante baixo no custo global da obra.

4.5 ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE

A genuína reabilitação contempla princípios e preocupações como a compatibilidade, a durabilidade, a reversibilidade, a preservação e a sustentabilidade, sendo esta última, em certa medida, a soma de todas as anteriores. Privilegiar a preservação de pré-existências, reincorporação de materiais e uso de materiais provenientes de fontes sustentáveis, são apenas algumas medidas de um leque mais alargado com vista à redução do consumo de recursos e à minimização do impacto ambiental da construção (Blanes, 2016). O exemplo dado neste caso de estudo, em nada obedece a estes princípios. É, como foi já discutido, uma intervenção com forte impacto ambiental, desde logo pelo volume de resíduos produzidos, fruto da quase total demolição, e pela introdução de novos materiais, materiais esses que foram introduzidos sem qualquer preocupação ou critério do ponto de vista do seu impacto ambiental, nem do seu ciclo de vida. Em termos comparativos, isto torna uma intervenção desta natureza mais impactante ambientalmente que uma construção nova, desde logo, devido aos resíduos da demolição em grande escala, sem reaproveitamento na própria construção.

A obra aqui apresentada como caso de estudo, foi projetada e executada antes da publicação do decreto-lei 95/2019, de 18 de julho. No entanto, numa análise comparativa daquilo que

foram as pretensões do projeto e a aplicação em obra com os 3 pontos previstos no artigo 5.º do decreto-lei 95/2019, esta intervenção em nenhuma medida cumpre, ou alguma vez procurou cumprir, os princípios da nova legislação (transcritos na Secção 3.5).

A preservação de preexistências não teve expressão significativa, exceção feita à fachada principal do piso 0 e piso 1, o que conduziu a um elevado volume de resíduos e à forte incorporação de novos materiais. É discutível considerar que uma intervenção com estas características aumente a vida útil do edifício, quando o edifício não é, de facto, mantido. No fundo a única pré-existência é a parcela de terreno do “antigo” edifício, visto que, da intervenção, resulta, na prática, um edifício novo.

Como agravante, e já fora da discussão do decreto-lei 95/2019, os materiais incorporados não tiveram preocupações como a reciclabilidade e impacto ambiental. Não existiram ainda quaisquer cuidados relacionados com a reutilização e incorporação na construção dos materiais resultantes da demolição. Importa ainda notar que, pese embora tenham sido aplicadas no edifício diversas soluções com vista à otimização da eficiência energética, nomeadamente caixilharia de corte térmico, revestimento com ETIC’S e reboco térmico, isolamento térmico na cobertura, não foram instalados quaisquer equipamentos para aproveitamento de energias renováveis, os quais poderiam ser utilizados, por exemplo, para o aquecimento das águas sanitárias. Ao invés, optou-se pela instalação de termoacumuladores elétricos.

Com base na análise anterior poder-se-á concluir que, do ponto de vista da sua sustentabilidade global, esta intervenção representa um exemplo de más práticas.

5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS DE ESTUDO

Nos Capítulos 3 e 4 foram apresentados dois casos de estudo, referentes a duas obras de reabilitação com abordagens totalmente distintas.

No caso de estudo A, apresentado no Capítulo 3, foi utilizada uma abordagem de projeto pautada pela preservação das pré-existências, pela adoção de soluções pouco intrusivas e reversíveis, e pela aplicação de materiais e sistemas estruturais compatíveis com os existentes, em linha, portanto com os princípios de salvaguarda do património presentes nas recomendações nacionais e internacionais, como no ICOMOS (*International Council of Monuments and Sites*) e nas cartas e convenções internacionais sobre património como a carta de Cracóvia e outros.

No caso de estudo B, apresentado no Capítulo 4, foi utilizada uma abordagem totalmente dispare do caso de estudo A, seguindo o chamado “fachadismo”. Com efeito, a estratégia passou pela demolição integral do miolo do edifício e da fachada posterior, indo de encontro aquilo que são as más práticas de reabilitação, não havendo nem respeitando aquilo que são as pré-existências e os princípios de uma reabilitação que se quer sustentável.

Nas secções seguintes serão levadas a cabo cinco comparações importantes, para que se entenda, de forma crítica e quantificadas, a diferença das abordagens seguidas, e as suas consequências, em cada um dos casos. São elas: a caracterização dos dois casos, na Secção 5.1, as soluções aplicadas, na Secção 5.2, o fluxo de materiais, na Secção 5.3, os custos parcelares associados em cada um dos casos, na Secção 5.4, e, por fim, uma comparação na ótica da sustentabilidade, incluída na Secção 5.5.

5.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

Do ponto de vista construtivo, as duas pré-existências são semelhantes. Temos, nos dois casos, edifícios de alvenaria de pedra granítica, e pisos e cobertura em estrutura de madeira. As fundações resultam do alargamento na base das paredes. Em termos de áreas brutas de construção após intervenção, o edifício do caso de estudo A é maior que o edifício do caso de estudo B, 512 m² e 414,50 m² respetivamente. O número de pisos é igual nos dois casos, um abaixo da cota de soleira e três acima. O número total de fogos projetado para o caso de estudo A é de cinco e sete para o caso B.

A data de construção original também será relativamente próxima; no caso A o edifício datará da primeira década do século XX e o edifício do caso B datará da década de oitenta do século XIX.

A obra de reabilitação no caso A iniciou em Julho de 2018 e terminou em Março de 2019. A obra de reabilitação no caso B iniciou em Abril de 2017 e terminou em Março de 2018.

5.2 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ADOTADAS

Tal como descrito nos Capítulos 3 e 4, as soluções adotadas em cada um dos casos foram marcadamente diferentes. Do ponto de vista estrutural, temos um edifício A em que a estrutura existente sofreu apenas ações de reforço localizadas. A abordagem de projeto passou, desde logo, pelo desenvolvimento de um levantamento estrutural detalhado do existente e de um conjunto de ações de inspeção e diagnóstico por forma a detetar as anomalias existentes. As prescrições de projeto focam-se maioritariamente no reforço de elementos estruturais degradados, como o exemplo das entregas das vigas de madeira nas paredes estruturais de pedra.

No caso de estudo B, após demolição integral do “miolo” do edifício e da fachada posterior, foram executadas paredes de contenção em betão armado no perímetro do piso -1 ao piso 0, devido ao abaixamento de cota, e executado um ensoleiramento geral, do piso 0 até ao piso 2. A estrutura porticada é composta colunas em perfis metálicos “HEB” e vigas em betão armado. As lajes aligeiradas foram a opção para os pisos 0 e 1, sendo compostas por vigotas pré-esforçadas, abobadilha de cimento e lâmina de compressão em betão. A laje do piso 2 foi executada em betão armado, armada superior e inferiormente nas duas direções.

Os resultados obtidos do ponto de vista de análise financeira e de impacto ambiental, são naturalmente diferentes para cada caso, desde logo pela natureza distinta das abordagens de projeto. No entanto, não só nestes pontos reside a diferença, a abordagem de execução das empreitadas é, também ela, distinta. Ao passo que no caso A os reforços estruturais prescritos exigem mão-de-obra no domínio da carpintaria, no caso B a execução da estrutura exige uma equipa especializada em estruturas de betão armado. O planeamento das empreitadas é diferente, a preparação e dimensionamento de estaleiro, o aprovisionamento de materiais, etc. Ou seja, o impacto do próprio estaleiro é consideravelmente maior no caso B do que no caso A.

5.3 FLUXO DE MATERIAIS

Com vista a obter uma comparação mais intuitiva, e de fácil análise entre os dois casos de estudo, no que toca ao fluxo de materiais de “saída”, ou seja, aos resíduos gerados resultantes da demolição, calcularam-se indicadores unitários em unidade de volume por metro quadrado e tonelada por metro quadrado. Na Tabela 6 são apresentados os indicadores obtidos em cada caso, no global, e nos artigos comparáveis usando como critério a demolição dos elementos constituídos por materiais com as mesmas características. O indicador final resulta respetivamente da divisão da quantidade em peso e em volume, das quantidades obtidas nas Tabelas 3 e 4, pela área bruta de construção de cada caso; 512m² no caso de estudo A e 414,5m² no caso de estudo B.

Nas duas colunas finais da Tabela 6 apresentam-se dois índices diferenciais, em tonelada por metro quadrado, e metro cúbico por metro cúbico, respetivamente. Estes índices resultam da divisão dos indicadores obtidos no caso de estudo B pelos indicadores obtidos no caso de estudo A, por forma a obter uma ordem de grandeza do diferencial unitário por metro quadrado dos resíduos resultantes. Em resumo, não é mais que: quantas vezes por metro quadrado em cada elemento e no total dos elementos um edifício produz mais resíduos que o outro por metro quadrado de construção.

Tabela 6 – Indicadores comparativos de resíduos gerados

Elemento/s	Material	Caso A (ton/m ²)	Caso A (m ³ /m ²)	Caso B (ton/m ²)	Caso B (m ³ /m ²)	Índice diferencial	Índice diferencial
Cobertura	Telha cerâmica	0,014	0,019	0,012	0,017	0,85	0,89
Cobertura, pavimentos, paredes, caixilharia e vãos interiores	Madeira	0,010	0,039	0,034	0,127	3,40	3,26
Pavimento térreo	Terra	0,237	0,158	0,667	0,371	2,81	2,35
Revestimento de paredes e tetos	Argamassas	0,038	0,038	—	—	—	—
Revestimento de pavimentos	Betonilhas	—	—	0,041	0,031	—	—
Demolição de paredes e/ou abertura de vãos	Granito	0,011	0,006	0,337	0,202	30,64	33,67
Escadaria	Betão	—	—	0,032	0,020	—	—
Paredes dos anexos	Bloco de cimento	—	—	0,016	0,027	—	—
TOTAL		0,311	0,260	1,139	0,795	3,66	3,06

Exceção feita à cobertura, como expectável, os índices obtidos nos restantes elementos passíveis de comparação são, em todos os casos superiores no caso de estudo B. Na cobertura não o é porque os padrões de demolição são semelhantes, e a área de cobertura do edifício do caso A é significativamente superior.

A demolição do edifício B gerou por metro quadrado de construção 3,4 vezes mais toneladas de resíduos de madeira por metro quadrado de construção que a demolição do edifício A, e 3,26 vezes mais metros cúbicos por metro quadrado de construção. 2,81 vezes mais toneladas de terra e 2,35 vezes mais metros cúbicos. A diferença mais acentuada, regista-se nos resíduos

resultantes dos elementos de pedra onde a intervenção levada a cabo no edifício B gerou, por metro quadrado de construção, 30,64 vezes mais toneladas de resíduos de pedra que o edifício B e mais 33,67 vezes mais metros cúbicos.

No total, por cada metro de construção, o edifício B gerou 3,66 vezes mais toneladas de resíduos e 3,06 vezes mais metros cúbicos que o edifício A.

Fazendo um reparo de comparação financeira imputado diretamente à geração de resíduos, temos: no caso de estudo A, a distância de vazadouro para deposição dos resíduos, é sensivelmente 10km, ida e volta são 20km, para efeitos de cálculo de custo estima-se 1 €/km, ficando em 20€ por carga. Cada camião carrega sensivelmente nove metros cúbicos. Para resíduos de construção de mistura de betão, tijolo, ladrilhos, telhas, pedra e materiais cerâmicos o custo é de 0,022 €/kg, note-se que não está contemplado betuminosos e derivados em que o custo sobe para os 0,28 €/kg. Pelo volume gerado o caso de estudo A daria quinze cargas, a 20€ por carga são 300€ em transporte, gerou 159,07 toneladas a 22€ a tonelada são 3.499,54€. O custo direto de transporte e recolha de resíduos é 3.799,54€ sem contar com a demolição, uma vez que será analisado no capítulo seguinte. Nas mesmas circunstâncias, o caso de estudo B, daria 37 cargas totalizando um custo de transporte de 740€, a recolha de resíduos das 472,31 toneladas 10.390,82€. O total seria 11.130,82€, mesmo a obra do caso B sendo mais pequena em área de construção, consumiria mais 7.331,28€ em transporte e recolha de resíduos gerados.

5.4 COMPARAÇÃO DE CUSTO

De todos os critérios utilizados para a comparação dos casos de estudo, a comparação dos custos será porventura a mais determinante para a tomada de decisão do investidor no que toca à abordagem de projeto a seguir.

Tal como referido, em ambos os casos de estudo, os edifícios são próximos na idade de construção, têm as mesmas características construtivas e materiais, tendo divergido apenas na abordagem de projeto de reabilitação adotada, a qual, em larga medida, resultou numa opção estritamente fundada no custo estimado da intervenção. “Qual a abordagem de projeto mais vantajosa do ponto de vista económico?”; esta é, invariavelmente, a questão colocada pelo investidor. Cabe aos técnicos envolvidos no projeto, e à fiscalização ou assessores técnicos do dono de obra, justificar que uma abordagem preservadora das pré-existências seguindo as boas práticas de reabilitação revelar-se-á ser mais vantajosa, a todos os níveis, nomeadamente do ponto de vista económico.

Por esse motivo, a análise económica comparativa seguinte reveste-se de particular interesse e relevância no âmbito da presente dissertação. Na Tabela 7 registam-se, para cada um dos casos, os artigos e o seu correspondente “peso” unitário percentual. Note-se que os valores da Tabela 7 são retirados das Tabelas 2 e 5, já apresentadas e discutidas anteriormente.

Tabela 7 - Quadro comparativo de preços unitários

		Caso de Estudo A		Caso de Estudo B	
		%	€/m ²	%	€/m ²
A	GERAL	8,99	65,37	8,37	55,17
1	Estaleiro	3,19	23,20	1,81	11,90
2	Demolições e limpezas	4,44	32,28	5,59	36,85
B	ESTABILIDADE	6,29	45,71	21,12	139,10
1	Fundações e estrutura de betão armado	0,89	6,48	14,78	97,37
2	Paredes estruturais	0,34	2,49	—	—
3	Estruturas de madeira	3,08	22,29	—	—
4	Estruturas metálicas	0,75	5,42	5,07	33,38
C	ARQUITETURA	63,79	463,88	60,81	400,57
1	Alvenarias e divisórias	4,11	29,89	16,26	107,11
2	Caixilharia exterior	10,67	77,56	5,63	37,07
3	Carpintaria	16,72	121,55	8,38	55,19
D	HIDRAULICA	5,81	42,24	2,35	15,48
TOTAL		100	727,08	100	658,76

Importa desde logo referir que a obra do caso de estudo B se concretizou sensivelmente um ano antes que a obra do caso de estudo A e que, para efeitos comparativos, não foi contabilizada a inflação dos preços no decorrer deste período. Caso a inflação da economia e do próprio mercado imobiliário tivessem sido tidos em conta, o preço final por metro quadrado de construção do caso B estaria mais próximo do registado para o caso de estudo A. Analisando os capítulos, e correspondentes artigos da Tabela 7, verifica-se que o Estaleiro “pesa” mais no caso de estudo A, do que no caso de estudo B. Esta diferença deve-se às condições de execução da obra; no caso de estudo A, a obra localiza-se numa rua movimentada da cidade do Porto, o que condicionou fortemente as acessibilidades para cargas e descargas, exigiu pedidos e pagamento de licenças de ocupação de espaço público, a presença de agentes da autoridade, etc. Em comparação, o caso de estudo B localiza-se numa rua sem saída, utilizada apenas para efeito de estacionamento na cidade de Marco de Canaveses, não tendo por isso exigências logísticas relevantes.

Embora o diferencial entre os dois casos de estudo, em valor percentual e custo por metro quadrado referente a demolições e limpezas, seja próximo, ao contrário do que seria expectável, o volume de demolição por metro quadrado de construção gerado no caso de estudo B, foi sensivelmente três vezes superior ao verificado para caso de estudo A. Ainda assim, o “peso” financeiro, embora superior no caso de estudo B, não difere na mesma proporção. A explicação encontrada para este facto reside nos cuidados a ter no processo de demolição. Quando a ordem é preservar, o processo é necessariamente mais moroso na própria demolição e no processo de remoção dos resíduos. O trabalho consiste essencialmente em processos manuais, não possibilitando a utilização de meios mecânicos pesados, ao

contrário do que sucede no caso de uma demolição quase integral. Nesses casos, embora os volumes gerados sejam superiores, os cuidados a ter prendem-se unicamente com a garantia da segurança, não existe nenhuma, ou quase nenhuma, com as preservações das pré-existências, o que possibilita a utilização de meios mecânicos pesados. Assim, e apesar das quantidades de resíduos gerados ser francamente superior no caso de uma demolição integral, o processo é mais rápido e mais eficiente.

Tal como esperado, a diferença da carga percentual e do custo unitário por metro quadrado de construção no capítulo da estabilidade é muito elevada, cerca de três vezes superior no caso de estudo B. No custo total da empreitada, enquanto no caso A a estrutura contribui com 6,29%, sendo que destes, 3,08% são referente à reabilitação das estruturas de madeira, no caso de estudo B, a estrutura contribui com 21,12% do custo total da obra. Destes, o betão armado apresenta um peso relativo de 14,78% e a estrutura metálica, 5,07%. No caso de estudo A, a estrutura apresenta um custo de 45,71€/m². No caso de estudo B, o valor da estrutura cifrou-se em 139,10€/m², o facto de no caso de estudo B existir o aumento de um piso, também contribui para este diferencial.

Nos dois casos, como é habitual em qualquer construção desta natureza, a maior fatia do custo pertence à arquitetura, uma vez que a escolha dos acabamentos tem uma influência determinante nos custos da obra. No caso de estudo A, a arquitetura contribui com 63,79% do custo total da obra e custa 463,88€/m², no caso de estudo B contribui com 60,81% do custo total da obra, com um custo total de 400,57€/m², significativamente mais caro no edifício do caso de estudo A. Se por motivos facilmente entendíveis, as alvenarias e divisórias têm um contributo bem mais significativo no caso de estudo B, contribuindo com 16,26% do custo, uma vez que são praticamente todas novas (ver Capítulo 4), no caso de estudo A tem muito menos significado, contribuindo com 4,11%. Este facto deve-se, uma vez mais, à forte componente de preservação das pré-existências. Por outro lado, a caixilharia exterior e a carpintaria têm um “peso” cerca de duas vezes superior no caso de estudo A. Em A, a caixilharia representa 10,67% do valor global da empreitada, com um custo de 77,56€/m², e a carpintaria representa 16,72%, com um custo de 121,55€/m². No caso de estudo B, a caixilharia representa 5,63%, e tem um custo de 37,07€/m², ao passo que a carpintaria representa 8,38%, e custa 55,19€/m². A diferença na caixilharia deve-se ao facto de, no caso de estudo A, a madeira ser devidamente certificada, e no caso de estudo B ser uma solução em PVC, que custa sensivelmente metade do preço. O diferencial na carpintaria, reside na qualidade dos materiais aplicados, num e noutro caso, e no facto de, no caso de estudo A, existir muita reabilitação de madeiras de acabamentos existentes, como soalhos, lambrins e portas, um trabalho fortemente manual, caro pelo consumo de mão-de-obra, mas característico em reabilitação com princípios de preservação.

De assinalar também, o custo das infraestruturas hidráulicas ser superior no caso de estudo A. Isto deve-se ao equipamento mecânico instalado, nomeadamente grupos de bombagem de águas residuais da cave. No caso de estudo B, foi adotado um sistema gravítico.

Por fim, uma análise aos resultados finais obtidos, em que o custo por metro quadrado de construção se revelou superior no caso de estudo A, com 727,08€/m² e no caso de estudo B,

658,76€/m², uma diferença de 68,32€/m². Mesmo sendo o custo do capítulo de estabilidade significativamente inferior no caso de estudo A, não é suficiente para refletir um custo final mais baixo por metro quadrado de construção que do caso de estudo B. Por análise, verifica-se que a arquitetura com níveis de acabamento superior no caso de estudo A, comparativamente com o caso de estudo B, acaba por influenciar o suficiente para tornar o custo final superior, pese embora que a qualidade de um bom projeto de arquitetura retira custos significativos à execução em obra, e esse balanço não foi feito neste trabalho.

Importa focar a poupança feita na estrutura quando a opção é preservar, com prescrições de níveis de acabamento semelhantes na arquitetura. Nesse caso, é expectável que o valor final por metro quadrado de construção seria inferior, ou pelo menos, próximo da construção com opções idênticas ao caso de estudo B.

5.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE SUSTENTABILIDADE

Das intervenções de reabilitação apresentadas nos dois casos de estudo, nenhuma delas foi realizada antes da publicação do decreto-lei nº 95/2019, de 18 de julho que consagra, no artigo 5.º o “*Princípio da sustentabilidade ambiental*”, a sustentabilidade como princípio na reabilitação.

Na secção 3.5 foi analisado o caso de estudo A e, pese embora a intervenção seja anterior à publicação do decreto-lei nº 95/2019, a intervenção cumpriu em larga medida as premissas agora previstas na lei. Ao contrário do que aconteceu no caso de estudo B, analisado na Secção 4.5, que em nenhuma opção de projeto vai ao encontro do estabelecido no artigo 5.º do referido decreto-lei.

De forma resumida, o caso de estudo A é um exemplo de boas práticas de reabilitação sustentável que procura minimizar o impacto ambiental da intervenção através da preservação das pré-existências, da incorporação dos resíduos na própria construção, da compatibilização de materiais e da minimização de incorporação de novos. Em sentido oposto, o caso de estudo B é um exemplo de uma prática de intervenção pouco sustentável. Para além de ter um impacto ambiental na escala de uma construção nova, pela elevada incorporação de materiais, naquilo que na prática resulta na construção de um novo edifício, acarreta a agravante da quantidade elevadíssima de resíduos gerados pela demolição quase integral do edifício existente, que deverão obedecer a todo um processo de tratamento, também ele com impacto no ambiente.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou, de uma perspetiva prática, o tema de reabilitação estrutural de edifícios antigos. Para o efeito, apresentaram-se dois casos de estudo de obras de reabilitação que se concretizaram na prática, e que tiveram abordagens de projeto e consequentes intervenções marcadamente distintas, mas muito representativas do panorama da reabilitação em Portugal. No Capítulo 2, desenvolveu-se uma revisão da literatura focada em citações e opiniões consensuais de alguns autores de reconhecido prestígio, fez-se uma contextualização da atividade da reabilitação do edificado existente em Portugal, do ponto de vista económico e da sua sustentabilidade. Para tal, discutiu-se a importância das ações de inspeção e diagnóstico com vista a garantir a eficiência de uma reabilitação que se quer sustentável e preservadora das pré-existências, e ao mesmo tempo das nossas memórias e da nossa História. Analisou-se ainda a importância que esta ação sustenta para a escolha das estratégias de projeto de reabilitação, e o impacto económico e de sustentabilidade que isto tem na intervenção. Abordaram-se igualmente as condicionantes logísticas das intervenções de reabilitação em contexto urbano, nomeadamente no contexto de centros históricos.

No Capítulo 3 fez-se a apresentação do caso de estudo A, um exemplo representativo de boas práticas de reabilitação, identificadas no Capítulo 2. Após a caracterização construtiva, dimensional e de uso futuro do edifício, sito na cidade do Porto, apresentaram-se e caracterizaram-se três exemplos de pormenores de reabilitação estrutural utilizados nesta obra. Para cada um destes foi elaborada uma ficha de custo unitário da tarefa, discriminando os custos de cada material utilizado, mão-de-obra e equipamentos, e discutindo o custo final unitário da tarefa correspondente à execução do pormenor apresentado. Espera-se que estas fichas de custo possam representar um contributo para a divulgação dos custos decompostos de pormenores característicos da reabilitação, correntemente utilizados e sobre os quais existe ainda pouca informação dos custos detalhados, nomeadamente em termos de rendimentos de execução de mão-de-obra.

Fez-se também uma contabilização do fluxo de materiais de saída que resultaram das demolições e movimento de terras, uma análise de custo da globalidade da empreitada e uma análise de sustentabilidade. Na análise de custo, importou perceber a influência que cada capítulo da empreitada apresenta no preço global. Espera-se que esta discussão represente, igualmente, uma contribuição importante no entendimento quantitativo e estatístico que as opções de projeto refletem na prática, nomeadamente através da contribuição percentual e correspondente custo por metro quadrado de construção que cada capítulo na composição do preço global da empreitada, informação relevante para a tomada de decisões em projetos futuros. Avaliar e quantificar o impacto ambiental de uma intervenção é um aspeto essencial no contexto climático atual. A sustentabilidade na construção é premente num setor que tem uma responsabilidade irrefutável nas emissões de CO₂. No âmbito do presente trabalho, o caso de estudo A, é um exemplo de boas práticas numa reabilitação que se quer sustentável e ambientalmente responsável.

Por fim, e não menos importante, foi a discussão de uma proposta de solução de reforço sísmico. Para além de discutida e caracterizada, elaborou-se uma ficha de custo e avaliou-se o impacto financeiro que esta teria no valor global da obra. Este é, também ele, um aspeto importante a reter deste trabalho, quando é conhecida a negligência, no domínio da segurança sísmica, de muitas das intervenções de reabilitação que têm sido concretizadas ao longo dos últimos anos em Portugal, muito por força da desadequação da legislação em vigor até à publicação recente do decreto-lei nº 95/2019, de 18 de julho. O reforço sísmico foi, em muitos casos de obras de reabilitação, desvalorizado e frequentemente ignorado por questões de otimização financeira ou simples desconhecimento técnico. No caso de estudo A, concluiu-se que reforçar o edifício sísmicamente através de reboco armado teria um impacto financeiro de 8,84% no preço global da empreitada, o que representa cerca de 70,53€/m², valor facilmente compensável através da seleção dos materiais de acabamento.

O caso de estudo B foi apresentado e discutido no Capítulo 4 desta dissertação. De características construtivas e idade semelhante, este edifício localizado em Marco de Canaveses, foi alvo de uma intervenção comumente designada “fachadismo” e que é tida como um exemplo de prática de reabilitação intrusiva e desaconselhada. Todo o “miolo” do edifício foi demolido, juntamente com a fachada posterior, sendo esta, portanto, uma intervenção intrusiva em toda a escala, e geradora de um avultado volume de resíduos. À semelhança do caso de estudo A, foi feita uma apresentação das soluções estruturais adotadas, uma quantificação do fluxo de materiais de “saída”, uma análise de custo global por capítulos (importante para melhor compreender a influência desta abordagem de projeto por capítulo, nomeadamente nas demolições e na estrutura), o seu impacto percentual no valor global da empreitada e o custo por metro quadrado de construção. Por fim, fez-se uma avaliação de sustentabilidade desta intervenção, que não se coaduna com os princípios da construção sustentável.

No Capítulo 5, faz-se a comparação dos dois casos de estudo, do ponto de vista da caracterização das soluções aplicadas, do fluxo de materiais, do custo e da sustentabilidade. Com base nesta análise, obtiveram-se indicadores comparativos, nomeadamente quanto ao fluxo de materiais e ao custo.

A partir do exposto, e como principais conclusões do presente trabalho, importa reter e sublinhar:

- A importância da inspeção e diagnóstico para uma abordagem de projeto otimizada, quer do ponto de vista económico, quer da sustentabilidade;
- A decomposição e determinação de preços em fichas de custo de pormenores de reabilitação, ainda pouco divulgados e conhecidos, e a influência que a mão-de-obra apresenta neste tipo de tarefas;
- O fluxo de materiais, nomeadamente de “saída”, gerado pelas opções de projeto apresentadas em cada um dos casos, e que se revelou cerca de três vezes superior no caso de estudo B;

- A influência percentual e custo por metro quadrado de cada capítulo, determinando a influência de cada um no custo global da empreitada. Qual a magnitude dessas diferenças em função das opções de projeto adotadas de forma a perceber “quanto custa” e “onde custa”;
- Do ponto de vista da sustentabilidade, a avaliação e comparação com a legislação em vigor de cada um dos casos, e que, tal como seria expectável, se revelou claramente desvantajosa para o caso de estudo B que gerou sensivelmente três vezes mais resíduos de demolição que o caso de estudo A;
- Avaliação do impacto económico de uma possível ação de reforço sísmico em reboco armado, verificando-se um impacto baixo no preço final da empreitada, 8,84%, sendo do ponto de vista custo-benefício, vantajosa.

Por restrição de tempo e de dimensão do presente documento, não foi possível incluir casos de estudo adicionais à análise. Contudo, como desenvolvimento futuro, considera-se que seria útil continuar trabalhos deste âmbito, com vista ao desenvolvimento de novas fichas de custo para outros pormenores de reabilitação, à expansão da amostra de casos de estudo reais, para que se adquira um conhecimento cada vez mais profundo sobre intervenções desta natureza, e a proposta de indicadores cada vez mais assertivos do ponto de vista, nomeadamente, de rendimento de mão-de-obra das tarefas de reabilitação e de fluxos de materiais. Neste trabalho não se analisou o fluxo de “entrada” de materiais, apesar do seu elevado interesse para a análise do impacto ambiental da intervenção, ficando aqui mais um possível futuro aspeto de análise.

Da reabilitação de edifícios existentes, exige-se a manutenção de elevados padrões de sustentabilidade e a preservação das pré-existências, sendo estes requisitos salvaguardados nas recomendações nacionais e internacionais ligadas ao setor. Espera-se, assim, que possam existir cada vez mais exemplos de reabilitação na linha do caso de estudo A discutido neste trabalho, e diminuam os exemplos de reabilitação que se assemelham com o caso de estudo B. Deveria ser esta a tendência natural, embora infelizmente não o seja em muitos dos casos. Este trabalho procurou acrescentar valor com a divulgação de informação tão importante para a tomada de decisões, como é a informação económica. Quem decide quer saber quanto custa, e se possível, onde custa. Se os técnicos envolvidos no processo forem capazes de provar a quem paga que é vantajoso reabilitar bem, reabilitar com regra, e resultar em maior economia e mais sustentabilidade, então estaremos no caminho certo para reabilitar bem, e reabilitar com, e como regra.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPLETON, João (2011). “Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção”. Edições Orion, Amadora.
- APPLETON, João (2014). “Reabilitação de Edifícios: Princípios e Práticas”. 2.ª AS Jornadas da Especialização em Direção e Gestão da Construção, Ordem dos Engenheiros, Lisboa
- ARAÚJO, José (2009). “Optimização da Gestão de Projectos de Reabilitação”. Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães
- Arquitetude, Lda (2017). “Projeto de Arquitetura e Especialidades, Rua Dr. João Leal, Marco de Canaveses”, Marco de Canaveses
- BLANES, Fátima (2016). “A preservar e a pensar o futuro do património – 20 anos de atividade”. Pedra & Cal – Conservação e Reabilitação. Edição n.º 60, Porto
- BOTELHO, Jerónimo (2018). “Projeto de Estabilidade, Recuperação de Prédio na Rua do Molhe 746, Nevogilde”, Porto
- CÓIAS, Vítor, (2007). “Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos – Alvenaria | Madeira – Técnicas Pouco Intrusivas”. ARGUMENTUM, GECORPA, Lisboa.
- CÓIAS, Vítor, (2007). “Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável”. Lisboa.
- Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Paris.
- CORREIA, Gonçalo (2009). “Estudo de Casos – Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- COSTA, Aníbal, JÚLIO, Eduardo, TAVARES, Alice, FREITAS, Vasco (2018). “Caracterização do edificado existente”. Construção Magazine. Edição n.º 88, Porto
- COSTA, Rui, BRAGANÇA, Luís, MATEUS, Ricardo (2014). “Reabilitação Sustentável de Edifícios Antigos – Contribuição para os Edifícios de Balanço Energético Nulo (nZEB) e Otimização do Nível de Sustentabilidade”. Caso de Estudo, Viana do Castelo
- DIAS, Luís (2012). “A sustentabilidade na Reabilitação do Património Edificado”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa, Lisboa

- FERREIRA, Tiago, VICENTE, Romeu, SILVA, J.A.R (2014). “As Fichas de e Registo como Ferramenta Priviligiada no Processo de Avaliação e Diagnóstico do Edificado Antigo”. REHABEND 2014, Santander
- FERREIRA, Tiago, VICENTE, Romeu, Vários (2016). “Avaliação da Vulnerabilidade sísmica de núcleos urbanos antigos”. 10º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, Ponta Delgada
- Floret - Oficina de Arquitectura, Lda (2018). “Projeto de Arquitectura, Edifício Rua Álvares Cabral 177, Porto”. Porto
- FREITAS, Vasco Peixoto de, Vários (2012). “Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos”. Ordem dos Engenheiros da Região Norte, Porto.
- Governo da República Portuguesa (2014). Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril
- Governo da República Portuguesa (2019). Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de Julho
- <http://progepom.pt/microbetao/>
- ICOMOS (2003). “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico”. Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Paris.
- LIMA, Filipa, BRAGANÇA, Luís, MATEUS, Ricardo (2012). “Edifícios Antigos – Reabilitação Low Cost”. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Guimarães
- MARTINS, David (2011). “Estrutura Geral de Custos em Obras de Reabilitação de Edifícios em Alvenaria de Pedra Existentes”. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu
- NCREP - Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda (2018). “Projeto de Estabilidade, Edifício Rua Álvares Cabral 177, Porto”. Porto
- OLIVEIRA, Rui (2012). “Metodologia de Gestão de Obras de Reabilitação em Centros Urbanos Históricos”. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- PONTEDEIRA, João (2014). “Gestão do Fluxo de Materiais”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- RAMOS, Ana (2009). “Os Custos do Desenvolvimento Sustentável para a Engenharia, Arquitectura e Construção nos Processos de Reabilitação”. Tese de Doutoramento em

Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra

SANTOS, Pompeu dos, (2008). “A Reabilitação Estrutural do Património Construído – Aspectos Básicos”. LNEC, Lisboa

SILVA, Carla (2008). “Metodologias de Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

SILVA, Carla (2008). “Metodologias de Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

SILVA, J.A.R. (2019) “Princípios fundamentais da reabilitação de edifícios consagrados pelo Decreto-Lei nº 95/2019, de 18 de julho”. Construção Magazine. Edição n.º 94, Porto

Tamiex – Engenharia e Construção, Lda (2017). “Obra A089, Edifício Rua João Leal, Marco de Canaveses”. Marco de Canaveses

Tamiex – Engenharia e Construção, Lda (2018). “Obra A147, Edifício Rua Álvares Cabral 177, Porto”. Porto

TEIXEIRA, Joaquim (2004). “Descrição do Sistema Construtivo da Casa Burguesa do Porto Entre os Séculos XVII e XIX”. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Porto

Vários, (2010). “REABILITAR 2010 - Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas”. LNEC, Lisboa