

Célia Pinto de Oliveira

REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE VALOR PATRIMONIAL VS. CONFORTO TÉRMICO

Reconversão e Remodelação do Edifício do Governo Civil para um
Hotel

Orientador científico Prof. Arq. João Carlos Santos

UNIVERSIDADE LUSÓFONA DO PORTO
Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação

**Porto
(2017)**

Célia Pinto de Oliveira

REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE VALOR PATRIMONIAL VS. CONFORTO TÉRMICO

Reconversão e Remodelação do Edifício do Governo Civil para um
Hotel

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto no dia
09/01/2017, perante o júri seguinte:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Cândido Almeida D' Eça (Prof. Catedrático da Universidade
Lusófona do Porto);

Arguente: Prof. Arq. José Manuel dos Santos Gigante (Prof. Associado
Convidado/Especialista da Universidade Lusófona do Porto);

Orientador: Prof. Arq. João Carlos Martins Lopes dos Santos (Prof. Associado
Convidado/Especialista da Universidade Lusófona do Porto);

UNIVERSIDADE LUSÓFONA DO PORTO
Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação

PORTO
(2017)

É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Agradecimentos

Em primeiro lugar queria agradecer à minha família por todo o apoio que me deram ao longo destes seis anos, agradecer principalmente à minha mãe e às minhas irmãs por me ajudarem a realizar este sonho, por acreditarem que eu era capaz e por estarem sempre ao meu lado.

Queria agradecer também ao meu grupo de amigas pela força e pelo encorajamento para acabar mais esta etapa na minha vida.

Agradecer também aos meus colegas e docentes do Mestrado Integrado de Arquitetura, que se cruzaram comigo ao longo deste percurso académico, pelo encorajamento.

Por fim, mas não menos importante, agradecer ao professor Arquiteto João Carlos Santos por me acompanhar ao longo destes meses e por ajudar-me a concluir esta etapa.

A todos, o meu muito obrigada.

Resumo

A presente dissertação centra-se no estudo sobre a melhoria do conforto térmico de edifícios em reabilitação, de modo a conseguir preservar todos os elementos que caracterizam um edifício antigo, no caso particular desta tese, a reabilitação do antigo edifício do Governo Civil, no Porto. Já o tema conforto térmico é escolhido por ser um tema que só há poucos anos despertou preocupação na construção.

Ao longo da dissertação é feita uma análise sobre três aspetos fundamentais para a realização do estudo das condições térmicas do projeto de intervenção: a reabilitação, o conforto térmico e as componentes dos edifícios com impacto no comportamento térmico, ou seja, no processo de reabilitação é analisado o seu enquadramento histórico e é apresentado o caso de estudo de reabilitação, o Edifício do Governo Civil, as suas características e os principais problemas. Já no capítulo do conforto térmico nos edifícios, são estudados vários aspetos fundamentais que ajudam a perceber como é possível obter o conforto térmico nos edifícios. Esta questão tem sido uma das muitas preocupações dos especialistas da área reabilitação, nomeadamente, em conseguir implementar medidas que aumentem as condições de conforto e assim reduzir o consumo energético.

Também são analisados os componentes dos edifícios com impacto no comportamento térmico, ou seja, analisaram-se todos os elementos construtivos da envolvente do edifício, com o objetivo de compreender as características de cada um deles. Esta etapa foi fundamental para estruturar o projeto de intervenção e a melhoria das condições do conforto térmico.

Por fim, é apresentada a proposta de intervenção e as soluções para a melhoria das condições térmicas da mesma, bem como as considerações finais sobre a análise realizada ao longo desta dissertação.

Palavras – Chaves

Reabilitação; Conforto Térmico; Envolvente Construtiva dos Edifícios; Edifícios Antigos; Século XVIII

Abstract

This thesis aims to study the improvement of thermal comfort of buildings in process of rehabilitation, with the intention to preserve all its original characteristics as an old building. For this work, the building chosen was the Civil Government Building, in Porto. The importance of thermal comfort in buildings is a relatively new subject, especially for the construction.

Throughout the thesis, it is presented an analysis of three fundamental aspects to the completion of the study of thermal conditions of the intervention project: the rehabilitation, the thermal comfort and the components of the building with impact on thermal behaviour, i.e., during the rehabilitation process it was analysed its historical framework and the rehabilitation case study, the Civil Government Building, as well as its characteristics and main problems. In the chapter dedicated to the study of thermal comfort, were studied several key aspects that help to understand how it is possible to obtain thermal comfort in buildings. This problematic has been one of the many concerns of the rehabilitation area experts, especially the implementation of measures that enhance the conditions of comfort and reduce energy consumption.

The components of buildings with impact on thermal behaviour were analysed, that is, all the building elements of the building surroundings were studied, to understand the characteristics of each one. This step was essential to structure the intervention project and to promote the improvement of the thermal comfort conditions.

Finally, it is presented an intervention proposal and the solutions to improve thermal conditions, as well as the final considerations about the study conducted throughout this dissertation.

Keywords

Rehabilitation; Thermal comfort; Constructive surroundings of the buildings; Old Buildings; XVIII Century.

Índice

Agradecimento	4
Resumo	5
Palavras-Chaves	6
Abstract	7
Lista de abreviatura (acrónimos)	10
Capítulo I, Introdução	11
Introdução.....	12
Objetivo de estudo/ Objetivo.....	14
Estado de Arte.....	15
Metodologia.....	16
Capítulo II, Introdução à Reabilitação	17
2.1.Enquadramento histórico da reabilitação.....	18
2.2.Caso de estudo	21
2.2.1. Características do edifício e principais problemas.....	21
Capítulo III, Conforto térmico nos edifícios	26
3.1. Conforto térmico.....	27
3.2.Mecanismos de transmissão de calor.....	29
3.3. Trocas de calor nos edifícios.....	30
3.4.Função dos isolamentos térmicos.....	32
3.5. O conforto térmico e a Ventilação.....	33
Capítulo IV, Componentes dos edifícios com impacto no comportamento térmico	34
4.1. Coberturas.....	35

4.1.1. Introdução.....	35
4.1.2. Cobertura inclinada revestida a telha.....	36
4.1.3. Cobertura do tipo invertida.....	39
4.1.4. Soluções de isolamento térmico para as coberturas.....	39
4.2. Paredes de Alvenaria.....	44
4.2.1. Introdução.....	44
4.2.2. Caraterísticas das paredes de alvenaria.....	45
4.2.3. Conforto térmico através das paredes exteriores.....	49
4.3. Vãos e caixilharias.....	51
4.3.1. Introdução.....	51
4.3.2. Vãos e Caixilharias de guilhotina e de batente com bandeira.....	53
4.3.3. Conforto térmico através das caixilharias.....	55
4.4. Pavimentos em madeira.....	56
4.4.1. Introdução.....	56
4.4.2. Caraterísticas dos pavimentos térreos.....	57
4.4.3. Conforto térmico através dos pavimentos.....	58
Capítulo V, Intervenção no Edifício Antiga Casa Pia.....	60
5.1. Proposta de intervenção.....	61
5.2. Análise das condições térmicas do projeto de intervenção.....	68
Capítulo VI, Considerações Finais.....	74
Considerações Finais.....	75
Referencias Bibliográficas.....	76
Índice de Imagens.....	79
Índice de Anexos.....	82
Anexos.....	83

Lista de abreviaturas (acrónimos)

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamentos Térmicos dos Edifícios

SIPA - Sistema de Informação para o Património Arquitetónico

Capítulo I, Introdução

Introdução

Esta dissertação, realizada no âmbito do Mestrado Integrado de Arquitetura, incide na análise da reabilitação de um edifício com valor patrimonial, mas com especial foco no incremento do seu conforto térmico.

Este trabalho terá como pano de fundo o Edifício do Governo Civil, localizado na Cidade do Porto, e foram analisados todos os elementos da envolvente do edifício de modo a preservar os pormenores arquitetónicos que lhe são característicos e de modo a conseguir uma melhoria do conforto térmico do edifício.

Uma das principais motivações para a reabilitação de edifícios é torná-los mais confortáveis termicamente, pois este é um dos fatores essenciais para o bem-estar do homem. Complementarmente, e pensando no papel do arquiteto enquanto um planeador de espaços e das respetivas condicionantes, a presente dissertação pretende aliar o estudo dos elementos construtivos da envolvente do edifício, com o intuito de tornar os edifícios mais confortáveis, no decorrer de um processo de reabilitação.

Quando se fala em conforto térmico, fala-se num conceito subjetivo, pois varia consoante as culturas e os indivíduos e, por isso, na arquitetura estabeleceram-se conceitos gerais de conforto, que serão apresentados ao longo da dissertação, mais concretamente, no capítulo sobre o conforto térmico nos edifícios. Porém, e dada a importância deste conceito para o trabalho elaborado, realçam-se duas definições.

O conforto térmico define-se, segundo ASHRAE como o *“estado mental que reflete a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação com o ambiente térmico pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou*

seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.”¹

Segundo a Norma Internacional ISO 7730 o conforto térmico, *“trata-se do estado de espírito que expressa a satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa (nem muito frio, nem muito quente), sendo que um local (um espaço) só apresenta condições de conforto, quando não mais de 10% das pessoas (dos seus ocupantes) se sente desconfortável.”²*

A reabilitação e o conforto térmico são o ponto de partida de toda uma análise em torno dos componentes dos edifícios com impacto no comportamento térmico, ou seja, uma análise a todos elementos construtivos da envolvente de um edifício (cobertura, paredes exteriores, caixilharias, pavimentos) para, posteriormente, no projeto de intervenção, ser possível dar resposta a uma melhoria do conforto térmico no Edifício do Governo Civil e do programa de reconversão para unidade hoteleira.

¹ ASHRAE: Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1997.

² ISO Standard 7730: Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specifications of the Conditions for Thermal Comfort, International Organization for Standardization, Geneva, 1994.

Objeto de estudo /objetivo

O presente trabalho pretende dar a perceber como é que se consegue reabilitar de modo a preservar as características do edificado melhorando as condições do conforto térmico do edifício que se pretende remodelar (o edifício do Governo Civil no Porto) para a instalação de uma unidade de hoteleira. De modo que vai ser estudado o conforto térmico na envolvente do exterior do edifício, nas coberturas, paredes, vãos e caixilharias e pavimentos, sendo que serão apresentadas soluções construtivas para o melhoramento do conforto térmico do edifício, neste caso, um edifício do século XVIII.

Com este trabalho pretende-se perceber os elementos que caracterizam um edifício antigo como por exemplo: o telhado de 4 águas, as suas fachadas e o sistema construtivo de alvenaria, assim como, perceber como é possível melhorar as condições de conforto térmico de modo a aumentar a comodidade aos habitantes.

Estado de Arte

Para realizar esta dissertação foi necessária uma pesquisa inicial sobre reabilitação e conforto térmico. Sendo possível encontrar várias dissertações e livros que abordam este tema, alguns desses trabalhos focam só num dos elementos construtivos da envolvente do edifício e não abordam os restantes, como também é possível encontrar só dissertações e livros a falar apenas sobre conforto térmico.

Importa ainda realçar três trabalhos que mereceram especial atenção, pois respondiam a algumas questões levantadas pela preparação desta tese. Assim, destaca-se o livro de João Appleton, “Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e tecnologias de intervenção” (2003), que tanto aborda anomalias que podem existir nos edifícios, como também refere soluções construtivas recorrentes em edifícios antigos. Uma das dissertações abordava o tema “Reabilitação Energética – Proposta para melhoria do desempenho térmico dos elementos construtivos do edifício corrente do final do século XIX e do século XX” de Cristina Isabel Pinto Carvalho da Universidade de Arquitetura do Porto (2008), onde se aborda a melhoria do conforto térmico em contexto de processo de reabilitação, sugerindo também soluções construtivas. Por fim, a dissertação de Pedro Correia Pereira da Silva com o título “Análise do comportamento térmico das construções não convencionais através de simulação em Visual DOE” da Universidade do Minho, escola de engenharia (2006), que aborda o conforto térmico.

Estes três trabalhos foram essenciais para a elaboração desta dissertação, pois ajudaram no desenvolvimento dos objetivos iniciais e específicos desta dissertação e, mais tarde, na compreensão dos resultados.

Metodologia

A metodologia aplicada assenta em duas fases: a primeira fase, de âmbito teórico, centra-se na investigação da bibliografia; a segunda fase centra-se no trabalho de campo.

A recolha documental procurou promover uma análise exaustiva sobre a produção científica já realizado sobre o tema. Como já mencionado, a segunda fase centrou-se no trabalho de campo, uma vez que o caso de intervenção desta dissertação é o Edifício do Governo Civil. Assim, foi necessária uma análise do edifício, que envolveu a realização de medições e registos fotográficos para a elaboração de peças desenhadas sobre o edifício.

Posteriormente e aliando o conhecimento e os resultados adquiridos, procedeu-se a uma reflexão crítica dos dados recolhidos.

Capítulo II, Introdução à Reabilitação

2.1. Enquadramento histórico da reabilitação

*“ (...) a reabilitação significa a restituição da estima pública. Sendo o seu objectivo criar condições para que as pessoas não só possam viver e sobreviver em condições consideradas adequadas, mas, também, criar condições de maneira a que estes núcleos ou essas cidades constituam núcleos estimados pela sociedade e a colectividade.”*³

Atualmente percebe-se que existem edifícios e equipamentos degradados, que constituem boas oportunidades de aproveitamento a nível mobiliário, social e cultura e apesar da preocupação com a conservação do património arquitetónico já não ser desde os dias de hoje, esta prática tendia só considerar apenas os monumentos, com importantes valores históricos, talvez porque *“ (...) o património arquitectónico constitui uma expressão insubstituível da riqueza e da diversidade do património cultural da Europa, um testemunho inestimável do nosso passado e um bem comum a todos (...)”*⁴

Ao longo do século XX foi surgindo um conjunto de documentos, como cartas, convenções e declarações, sobre noções de património orientadoras para a preservação do mesmo. Assim, em 1931, surge a primeira Carta patrimonial, a Carta de Atenas, elaborada no 1º Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, onde foi feita a primeira abordagem ao tema património arquitetónico como a sua preservação e proteção de acordo com Choay *“ (...) o interesse fundamental da Conferência de Atenas é o facto de ela se situar exactamente na articulação de dois momentos cruciais quanto à história das noções de monumento histórico e de património.”*⁵

Já em 1933 uma outra Carta foi elaborada e designada como Carta de Atenas, no decorrer do IV Congresso Internacional da Arquitetura Moderna (CIAM), onde surge um documento sobre a conservação do património histórico e intervenções

³ Direcção-Regional do Desenvolvimento Regional, 1998, pag.48

⁴ Preâmbulo, Convenção para a Salvaguarda do Património Arquitectónico da Europa, 1985

⁵ Choay, F. (2011). As questões do património. Lisboa, Edições 70, pág. 202

urbanísticas, sendo que esta carta é orientada no sentido que deve existir uma manutenção e restauro dos edifícios periodicamente.

Contudo, é em 1964 que é aprovado um dos mais importantes documentos sobre o património até aos dias de hoje, a Carta de Veneza, que faz uma reanálise dos princípios da Carta de Atenas, reforçando-os e também ganhando novos valores sobre a conservação, manutenção, reabilitação e restauro do património arquitetónico e cultural. De forma que se deve salientar alguns dos artigos da carta:

Art. 2.º - A conservação e o restauro dos monumentos constituem uma disciplina que apela à colaboração de todas as ciências e de todas as técnicas que possam contribuir para o estudo e salvaguarda do património monumental.

Art. 5.º - A conservação dos monumentos é sempre favorecida pela sua adaptação a uma função útil à sociedade: esta afectação é pois desejável mas não pode nem deve alterar a disposição e a decoração dos edifícios. É assim dentro destes limites se devem conceber e que se podem autorizar as adaptações tornadas necessárias, exigidas pela evolução dos usos e dos costumes.

Art. 10.º - Sempre que as técnicas tradicionais se revelem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser assegurada com o apoio de todas as técnicas modernas de conservação e de construção cuja eficácia tenha sido comprovada por dados científicos e garantida pela experiência.

Art. 13º - Os acrescentes não podem ser tolerados a não ser que respeitem todas as partes interessantes do edifício, o seu quadro tradicional, o equilíbrio da sua composição e as suas relações com o meio envolvente.⁶

Já no ano 2000 foi aprovada a Carta de Cracóvia, em que o principal objetivo é a consciencialização coletiva da importância da preservação do património, em

⁶ www.patrimoniocultural.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf

que deve ser assegurada pelas diversas comunidades, definindo assim conceitos essenciais para a compreensão desta matéria, nomeadamente:

Património: é o conjunto das obras do homem nas quais uma comunidade reconhece os seus valores específicos e particulares e com os quais se identifica. A identificação e a valorização destas obras como património é, assim, um processo que implica a selecção de valores.

Autenticidade: é o somatório das características substanciais, historicamente provadas, desde o estado original até à situação actual, como resultado das várias transformações que ocorreram no tempo.

Identidade: entende-se como a referência colectiva englobando, quer os valores actuais que emanam de uma comunidade, quer os valores autênticos do passado.

Conservação: é o conjunto das atitudes de uma comunidade que contribuem para perpetuar o património e os seus monumentos. A conservação do património construído é realizada, quer no respeito pelo significado da sua identidade, quer no reconhecimento dos valores que lhe estão associados.

Restauro: é uma intervenção dirigida sobre um bem patrimonial, cujo objectivo é a conservação, da sua autenticidade e a sua posterior apropriação pela comunidade.⁷

⁷ www.patrimoniocultural.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf

2.2. Caso de estudo

2.2.1. Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)

O edifício do Governo Civil, também conhecido como a antiga Casa Pia foi construído no século XVIII por Reinaldo Oudinot, mais precisamente em junho de 1792. Localiza-se no Centro Histórico do Porto, na rua da Porta do Sol e o local escolhido para a sua construção foi numa parcela resultante da demolição da Muralha Fernandina.

Mandado construir por Francisco de Almeida e Mendonça em 1790 para a instalação da Casa Pia, sendo que em 1832 funcionava como prisão de recrutas e criminosos militares no andar térreo e como secretaria e repartição da guarnição do Porto, como também algumas residências de oficiais solteiros de Guarda Real da Policia no 1º e 2º pisos do edifício.

Ao longo dos anos o edifício da Casa Pia foi convertido na sede da repartição da fazenda, como pagadoria militar, na estação telegráfica elétrica e governo civil. Sabendo-se assim que, em 1836 albergou o Quartel-general da 3ª Divisão Militar do Porto.

Já em 1875, com a demolição do Arco da Porta do Sol, por a impossibilidade de expansão e pela dificuldade técnica de acrescentar um 3º andar o edifício foi ampliado e, desde então, teve diversas obras de ampliação.

O edifício, inicialmente destinado à Casa Pia, é hoje conhecido por o edifício do Governo Civil, sendo que a construção é em paredes de alvenaria, pois, em Portugal no século XVIII era o tipo de construção que mais se encontrava. Geralmente este tipo de parede apresenta uma grande espessura e no caso do Edifício do Governo Civil sabe-se que as paredes principais tem uma espessura de 1 metro, sendo que ao longo dos pisos superiores da construção a espessura da parede vai diminuindo chegando ao último piso com uma espessura de 50 centímetros.



Figura 1 Edifício do Governo Civil

O piso térreo destes edifícios antigos são geralmente constituídos por terra batida, com uma camada de revestimento que tanto pode ser em lajedo de pedra, ou em sobrados de madeira.

A cobertura do edifício do Governo Civil é uma cobertura inclinada. Com este tipo de cobertura havia a possibilidade de aproveitamento do espaço com a criação de um sótão ou em águas-furtadas ou em mansarda. Sendo que a estrutura em águas-furtadas é mais simples que a da mansarda, contudo a da estrutura em mansarda permitia um melhor aproveitamento do espaço da cobertura. Por impossibilidade de entrar no edifício do Governo Civil e uma vez que não se encontrava dados escritos sobre como seria o edifício no seu interior, não foi possível confirmar se a cobertura deste edifício seria em estrutura de águas-furtadas ou em mansarda, sabe-se então, uma vez que pode ser visualizado pelo exterior, que a sua cobertura contém um revestimento em telhas cerâmicas do tipo marselha.

As caixilharias deste edifício são em madeira, sendo possível encontrar dois modelos de caixilharias, de abrir/batente ou as de guilhotina. Nas caixilharias de abrir /batente as padieiras e os lancis de ombreiras são os aros, onde são fixados as dobradiças, e os vidros são fixos pelo exterior, o que faz com que haja um aro de batente e mata juntas de madeira. Neste tipo de caixilharia a madeira mais utilizada é casquinha ou castanho, já a espessura dos vidros variam entre 3 e 5

mm, estes são fixos por tachas, para depois serem vedados por betume de vidraceiro. A cor usada para a pintura destas caixilharias é branco, à exceção dos aros mata juntas e as travessas da bandeira que, neste caso, é utilizada a cor verde-escuro.

Já a caixilharia de guilhotina usa um aro fixo de madeira, que serve de calha para a folha que corre, e como o caixilho de batente, o caixilho de guilhotina também têm o parapeito revestido por uma soleira no exterior e o seu interior por uma tábua de peito, sendo que a cor utilizada para o caixilho também é branca e para os aros é utilizada uma cor escura, neste caso o verde-escuro. Sendo que neste edifício a proteção solar faz-se pelo interior do edifício com a utilização de portadas.

Uma vez que não foi possível visitar o edifício pelo interior não se consegue aportar os principais problemas que o edifício apresenta, sendo assim, irei abordar de modo geral as anomalias mais recorrentes dos edifícios antigos, onde a principal causa das suas anomalias está relacionada com o envelhecimento dos próprios materiais, por ação dos agentes atmosféricos ou pelo desgaste devido ao uso, sendo que estes aspetos vão afetar e alterar algumas propriedades fundamentais como à alteração das características de elasticidade e de resistência mecânica.

*“(…), os principais problemas relacionam-se com a falta de solidarização entre os diferentes elementos estruturais (entre paredes ortogonais e entre paredes e pavimentos ou coberturas), com a falta de qualidade dos elementos de construção (em particular das paredes de alvenaria) e ainda com as dimensões escassas de alguns elementos estruturais (altura de vigas de pavimentos, espessura de paredes) e adopção de disposições inadequadas (transições bruscas de rigidez das paredes resistentes)”*⁸ Uma vez que os principais problemas encontram-se nos diferentes elementos estruturais irei falar de modo

⁸Appleton, J. (2003). *Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção*. (1ª ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.92

geral a principal anomalia desses elementos estruturais (paredes de alvenaria, pavimentos e coberturas).

Nas paredes de alvenarias as anomalias mais recorrentes são a desagregação, o esmagamento e a fendilhação, que são provocadas por razões naturais das estruturas, devido à presença da água e da ação de agentes climáticos. Sendo que as fendas nas paredes de alvenaria ocorrem nas zonas das aberturas das portas, janelas e nas ligações entre paredes ortogonais, sendo que estas fendas podem interseccionar toda a espessura da parede.

Nos pavimentos as anomalias estão relacionadas quase sempre com a presença de água e com os efeitos sobre a construção, o que acelera o processo de envelhecimento do material, uma vez que na maior parte dos edifícios os pavimentos são de madeira, o que faz com que haja também uma degradação de determinadas características mecânicas. Estas infiltrações ocorrem principalmente através de caixilharias exteriores e através das próprias paredes e coberturas.

Já as coberturas de todos os elementos anteriormente referidos é o elemento estrutural que apresenta um quadro mais generalizado de anomalias, pois a cobertura é um dos elementos da envolvente do que está mais exposto de forma contínua às várias ações climáticas como as águas pluviais, as variações de temperaturas, os ventos carregados de poeiras e poluições. Sendo que uma vez que as coberturas tradicionais baseiam-se em estruturas de madeira encontram-se facilmente fungos e insetos, apesar de estes materiais serem devidamente protegidos desses agentes agressores.

Mas sem dúvida que a ação das águas pluviais é a principal causa das anomalias das coberturas através das infiltrações como, por exemplo, através das aberturas de juntas entre as telhas quando a uma perda de perfeição geométrica nos telhados com telhas de canudo que não tem qualquer encaixe, o que faz que quando haja água da chuva batida pelo vento seja mais fácil e possível a sua infiltração através do desnível entre os bordos das telhas sobrepostas.

“A penetração da água da chuva que, ocorrendo uma primeira vez, poderá voltar a ocorrer noutras ocasiões, dá origem à humedificação dos elementos de madeira. A essa humedificação suceder-se-á a deterioração das características da madeira, devida a perdas de secção ou degradação da resistência e capacidade de deformação do próprio material, a que se segue inevitavelmente o aumento das deformações da estrutura de cobertura, o acréscimo das infiltrações através dos revestimentos, e assim sucessivamente.”⁹

⁹Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.118-120

Capítulo III, Conforto térmico nos edifícios

3.1. Conforto térmico

“Com o intuito de obter um ambiente interior dos edifícios termicamente confortável para os seus ocupantes, as normas sobre conforto térmico são uma ferramenta essencial. Inicialmente estas normas tinham como principal preocupação definir as condições de conforto térmico, sem ter em conta os consumos energéticos necessários para atingir o conforto. Mas devido aos problemas ambientais que são cada vez mais evidentes e à necessidade do desenvolvimento sustentável, estas normas de conforto térmico têm de considerar formas de o atingir com o menor consumo energético possível”¹⁰

O conforto térmico de um edifício segundo a Norma desenvolvida pela ASHRAE assenta em seis fatores: Temperatura do ar; Temperatura média radiante; Humidade do ar; Velocidade do ar; Atividade metabólica; Resistência térmica do vestuário.

Dos seis fatores, o mais importante para o conforto térmico é a temperatura do ar, por ser associada à sensação das trocas de calor entre o organismo e o meio ambiente. Sendo que a temperatura do ar expressa em °C e segundo REH estabelece, *“para os edifícios de habitação, como temperatura de conforto de referência, 18°C para a estação de aquecimento e 25°C para a estação de arrefecimento.”¹¹*

Contudo, a humidade do ar também tem uma influência significativa em relação ao conforto térmico, pois segundo a Norma 7730 *“em ambientes térmicos moderados e para atividades ligeiras dos utentes, a influência da humidade sobre a perceção térmica é pouco significativa. Sendo que um acréscimo de 10% da humidade relativa do ar tem o mesmo efeito que um aumento de 0,3°C na sua temperatura. Pelo contrário, em ambientes com temperaturas elevadas,*

¹⁰ Humphreys, M.A.; Nicol, J.F.: The Validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. Energy and Buildings 34: 667-684, 2002. Tradução de Pedro Correia

¹¹ Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) Diário da República, I Série - A, Decreto-Lei nº 118/2013, Agosto, Lisboa, 2013.

valores de humidade elevados têm uma influência significativa nas condições de conforto térmico.”¹²

“Os valores de humidade relativa situados no intervalo de 30 a 60% são indicados para os edifícios, pois, desta forma, não possuem grande influência na perceção térmica dos utentes permitindo prevenir outros efeitos frequentemente observados em ambientes interiores, como o desenvolvimento de ácaros, condensações e bolores (humidades elevadas), eletricidade estática, secagem das mucosas do nariz e da boca (humidade baixa) ”¹³

De acordo com a Segundo Fanger et al. *“a humidade pode causar desconforto térmico por duas razões, a primeira devido a um elevado nível de humidade na pele, a segunda devido a um insuficiente arrefecimento das membranas mucosas no sistema respiratório superior através da inalação de ar húmido quente.”¹⁴*

¹² CEN – Comité Européen de Normalisation, EN 7730:2001 – Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD indices and Local Thermal Comfort Criteria, CEN, Brussels, Belgium 2001; tradução de Rui Miguel

¹³ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE 62, 1999. Tradução de Pedro Correia

¹⁴ Fanger, Povl Ole; Toftum, J., Extension of the PMV Model to Non – Air Conditioned Buildings in Warm Climates, Energy and Buildings, 2006. Tradução de Rui Miguel

3.2. Mecanismos de transmissão de calor

A transmissão de calor define-se como o trânsito da energia térmica devido a uma diferença de temperaturas, sendo que o *“fluxo de calor é sempre na direção da redução de calor, deduzido a segunda lei da Termodinâmica”*. Existindo assim três mecanismos de transmissão de calor, que são: a condução; a convecção e a radiação.

A condução consiste na transferência de energia cinética dos átomos e moléculas, ou seja, do calor em sólidos, líquidos e gases. Este mecanismo de transmissão de calor é o mais importante para os edifícios e *“depende da condutividade térmica dos materiais e da espessura do elemento da envolvente.”*¹⁵

A convecção consiste da energia por movimentos fluidos, líquidos e gases. A convecção ocorre como consequência de diferenças da densidade do ar, sendo que a convecção pode ser natural ou forçada.

A radiação consiste na transmissão de energia por ondas eletromagnéticas, ocorrendo através de duas superfícies de diferentes temperaturas, para que a energia radiante possa atingir uma superfície opaca, onde parte da energia é absorvida e refletindo a restante energia.

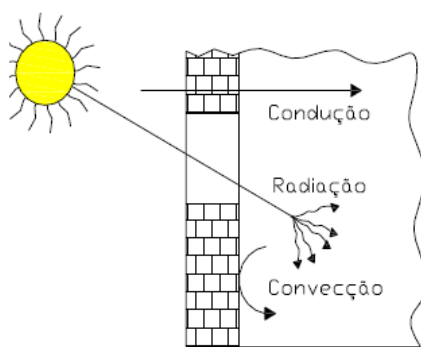


Figura 2 Mecanismo de transmissão de calor em edifícios

¹⁵ Silva, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 2006, p. 35

3.3. Trocas de calor nos edifícios

“As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios, em termos de transferência de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A temperatura do ar, variável indutora das trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, fluxos estes que ocorrem fundamentalmente no período de Inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, enquanto que no Verão o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se e estar-se-á numa situação de ganhos térmicos.

No primeiro caso, estamos pois perante as denominadas perdas térmicas, que no Inverno constituem a razão principal para a diminuição da temperatura interior num edifício e um dos principais aspectos a acautelar no projecto. A redução das perdas constitui pois uma das medidas mais eficazes no sentido de melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, e as medidas normalmente adoptadas resultam na utilização de soluções de isolamento térmico nos elementos opacos (paredes, cobertura e pavimentos) e/ou a utilização de vidros duros nos vãos envidraçados.

Já a situação dos ganhos térmicos por troca de calor, em que o fluxo de transferência de calor, tem o sentido exterior – interior, ocorre preferencialmente no Verão e é uma situação que contribui para aumentar a carga térmica do edifício e conseqüentemente a sua temperatura interna. É portanto algo a evitar numa situação de Verão.

A outra variável de grande importância para os edifícios, é a radiação solar. Esta variável tem um papel determinante no conforto térmico em qualquer edifício, sendo que no Inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior, constituindo no Verão uma fonte de calor a evitar, precisamente para evitar o aumento da temperatura interior nos edifícios.

O sol é, pois, uma fonte de calor que importa compreender na sua interacção com os edifícios, quer em termos energéticos (valores da radiação solar), bem

como em termos da sua posição, ao longo de todo o ano, para desta forma, melhor projectar o edifício na perspectiva aqui utilizada, ou seja, em termos bioclimáticos.”¹⁶

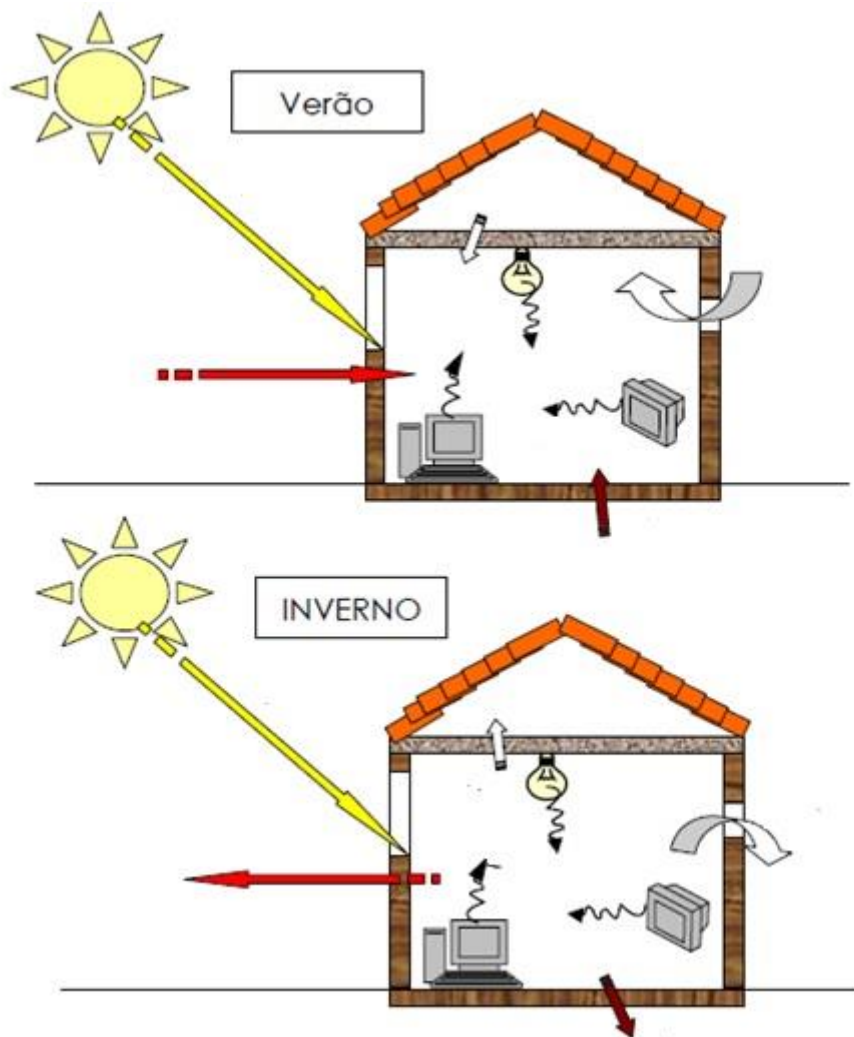


Figura 3 Balanço energético num edifício no período de verão e de inverno

¹⁶Gonçalves, H. & Graça, J. M. (2004) *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. (DGGE / IP-3E) Lisboa. Pág. 4

3.4. Funções dos isolamentos térmicos

A principal função do isolamento térmico consiste no *“aumento da resistência térmica da envolvente do edifício, de forma a reduzir as trocas de calor entre o edifício e o exterior, reduzindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como o risco de condensações.”*¹⁷

Segundo ASHRAE, os isolamentos térmicos possuem varias funções como:

- “• Conservam a energia devida à redução das perdas de calor;*
- Controlam a temperatura superficial de equipamentos e estruturas*
- Ajudam a controlar a temperatura de um processo químico, equipamentos e estruturas;*
- Previnem as condensações em superfícies com a temperatura inferior ao ponto de orvalho;*
- Reduzem as flutuações térmicas dos espaços, aumentando o conforto térmico.”*¹⁸

¹⁷Freitas, V.: Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior - Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido - ETICS. Relatório - HT 191A/02, Optiroc Portugal - Cimentos e Argamassas, Lda., Porto, 2002.

¹⁸ASHRAE: Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1997. Tradução de Pedro Correia

3.5. O conforto térmico e a ventilação

“A ventilação dos edifícios é, cada vez mais, um factor com enorme importância na performance energética das habitações. Principalmente com a mudança das técnicas de construção, em que, para reduzir as perdas de calor, foi aumentada a estanqueidade da envolvente dos edifícios, reduzindo assim a taxa de infiltração de ar nas habitações. Como tal, ao projectar uma habitação, é sempre necessário prever uma dada taxa de ventilação, com vista à supressão de três tipos de necessidades: 1. qualidade do ar interior; 2. conforto térmico; 3. prevenção de riscos de condensação. A utilização da ventilação para atingir os três objectivos referidos.”¹⁹

Quanto ao conforto térmico a utilização da ventilação é mais adequada no verão e pode ser aproveitada de duas formas, a primeira resulta do aumento da perda de calor por convecção do corpo humano, aumentando assim a taxa de evaporação ao nível da pele. A segunda forma de aproveitamento é a técnica de ventilação noturna que consiste no arrefecimento da massa estrutural do edifício durante a noite de forma a diminuir a temperatura interior durante o dia.

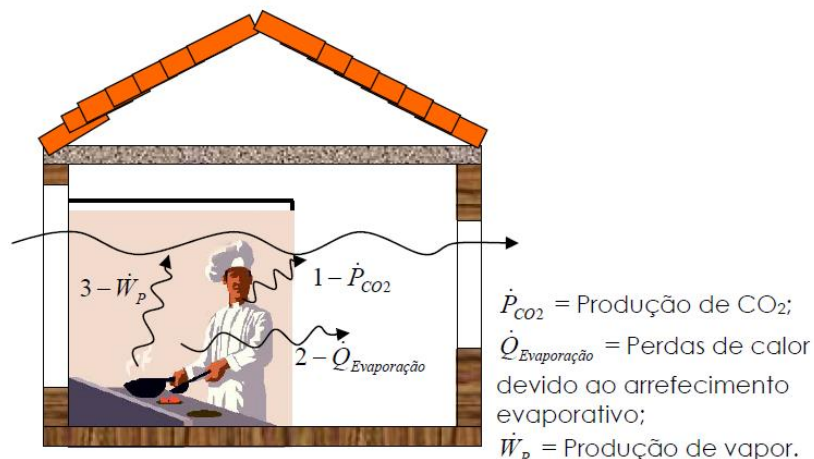


Figura 4 Ventilação nos edifícios

¹⁹Silva, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 2006, p. 52

Capítulo IV, Componentes do edifício com impacto no comportamento térmico

4.1. Coberturas

4.1.1. Introdução

Ao longo dos anos houve uma preocupação em melhorar as condições dos edifícios, condições essas que permitissem estabilidade e durabilidade das edificações.

Quando se fala em coberturas fala-se em estruturas de madeira que já são utilizadas há muitos anos, sendo que só a partir do século XVIII e XIX é que começaram a sofrer pequenas mudanças como: “das ligações em madeira para as conexões metálicas, utilizando cavilhas e parafusos metálicos e tirantes de ferro”.²⁰

Mas, mesmo com estas mudanças, as coberturas tradicionais continuam a ser muito utilizadas, continuam a usar-se “as estruturas triangulares primitivas das grandes coberturas imperiais com membros a trabalhar à tracção, suportando a viga-tirante ou linha”²¹, pois este tipo de cobertura continua a ser um sistema construtivo eficiente, por isso continuam a ser utilizados até aos dias de hoje em diferentes edifícios como, edifícios habitacionais, de serviço ou religiosos.

Uma vez que este sistema construtivo continua a ser utilizado houve a preocupação em melhorar as suas estruturas, destacando assim três soluções de conforto térmico as coberturas como: a colocação de mantas de materiais isolantes sobre o teto do último piso; colocação de materiais a granel sobre o teto do último piso; e placas isolantes ao nível do teto do último piso. Sendo estas

²⁰Oliveira, Nuno Filipe Marques; “TEORIA E PRÁTICA DE TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO DE COBERTURAS DO SEC. XVIII: EVOLUÇÃO HISTÓRICA, TRATADÍSTICA DO SEC. XVIII, DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS E RESTAURO ESTRUTURAL”; Dissertação de Mestrado; Orientadora: Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa Co-orientador: Professor Doutor Nuno Dourado; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Vila Real, 2009, p. 10

²¹ Oliveira, Nuno Filipe Marques; “TEORIA E PRÁTICA DE TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO DE COBERTURAS DO SEC. XVIII: EVOLUÇÃO HISTÓRICA, TRATADÍSTICA DO SEC. XVIII, DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS E RESTAURO ESTRUTURAL”; Dissertação de Mestrado; Orientadora: Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa Co-orientador: Professor Doutor Nuno Dourado; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Vila Real, 2009, p. 10

três soluções desenvolvidas no capítulo das soluções de isolamento térmico nas coberturas.

4.1.2. Coberturas inclinadas revestida a telha

Nas coberturas podem-se encontrar diferentes soluções, mas quando se fala de coberturas de edifícios antigos as soluções que mais predominavam eram as coberturas inclinadas. Pode-se então encontrar várias formas e constituições neste tipo de coberturas, ou seja, a inclinação pode variar consoante a localização do edifício e do tipo de utilização que o espaço entre o teto do último piso e a cobertura irá ter.

“À medida que os edifícios ganham importância, pela sua dimensão ou “dignidade”, as coberturas tornam-se mais complexas; em edifícios de plantas simples, retangulares, as coberturas podem ter duas, três ou quatro águas, dependendo a geometria a adoptar das dimensões do edifício, da forma de inserção urbana. (ver figura 5;6) Desde sempre se reconhece que quanto mais simples for uma cobertura mais económica se torna e mais fácil é garantir a sua eficácia; para além das anomalias associadas ao desempenho da cobertura em zona corrente, o mais comum é que as manifestações patológicas surjam, em primeiro lugar, nas zonas singulares da cobertura: rincões e larós, remates em paredes emergentes, ligações a caleiras e algerozes, etc. (...) As asnas, obtidas pela triangulação de elementos simplesmente ligados entre si, são os tipos estruturais mais comuns, adaptando-se bem a geometrias variáveis de coberturas. Partindo de uma forma simples – asna simétrica de duas águas -, é possível adapta-la, por exemplo, à colocação de lanternins, à execução de trapeiras, através da colocação de elementos adicionais, ou secciona-la superior e lateralmente, para fazer a sua adaptação a coberturas de várias águas.



Figura 5 Cobertura com asna simples de duas vertentes



Figura 6 Cobertura de águas múltiplas

As diferenças essenciais entre asnas correntemente utilizadas consistem nas geometrias, quer dos elementos principais – linha e pernas – quer das triangulações, e nas diferentes materiais utilizadas. (...) Salienta-se o detalhe com que devem ser estudas e executadas as ligações entre as diferentes peças que constituem esta estrutura, adoptando-se ligações pregadas, coladas, ou recorrendo-se a peças auxiliares de ferro, além de vários sistemas de encaixes e de ensambladuras. Normalmente, verifica-se que, quando mais “erudito” é o edifício mais completo, e mais complexo, se apresenta a estrutura de cobertura. (ver figura 7)

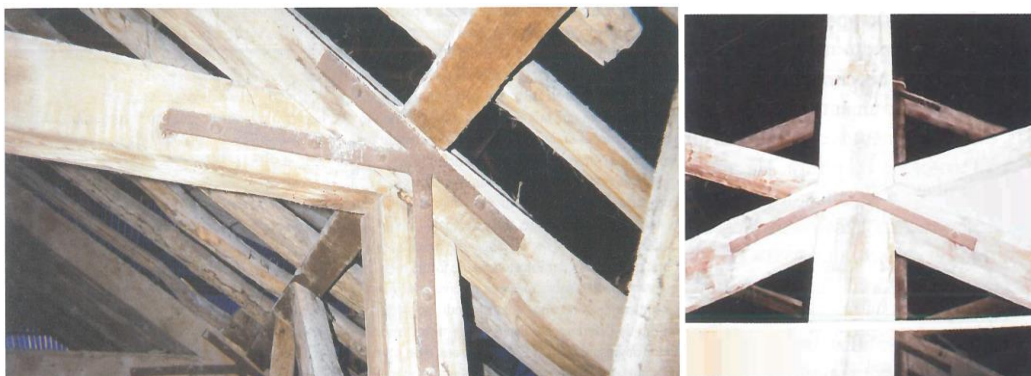


Figura 7 Pormenores e vistas gerais da cobertura com Recurso a ligações metálicas

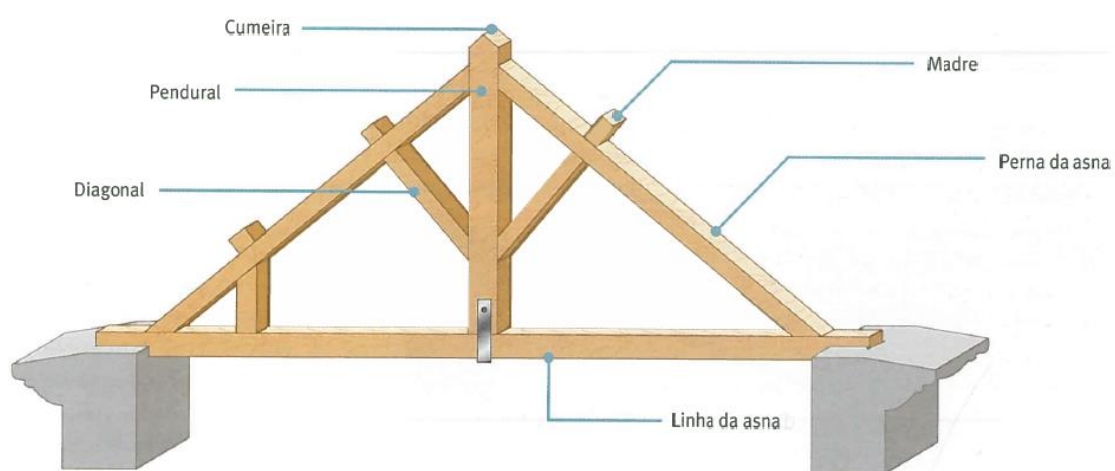


Figura 8 Composição de uma estrutura de cobertura

4.1.3. Cobertura plana do tipo invertida

As coberturas planas são caracterizadas por serem particularmente planas, pois apesar de haver uma inclinação que, por norma, varia entre 1% e 2% essa inclinação é particularmente impercetível servindo assim para o escoamento das águas. Regra geral, as coberturas planas são compostas por 7 elementos, sendo que a ordem dos elementos pode variar de acordo com o tipo de cobertura plana - tradicional ou invertida - e do seu uso final, pois as coberturas planas podem ser acessíveis a pessoas ou a carros ou então não acessíveis.

Na cobertura plana tradicional estes elementos são colocados da seguinte forma: estrutura de suporte, barreira para-vapor, isolamento térmico, camada de forma, sistema de impermeabilização, feltro geotêxtil, proteção à caleira e proteção pesada. Já a cobertura plana invertida é composta por: estrutura de suporte, camada de forma, sistema de impermeabilização, isolamento térmico, feltro geotêxtil e proteção pesada.

Na cobertura invertida o isolamento térmico é colocado sobre a camada de impermeabilização o que faz com que seja possível a proteção da impermeabilização das agressões mecânicas e das ações atmosféricas através da aplicação do isolamento térmico que vai garantir a durabilidade da cobertura, sendo que a designação de cobertura invertida surge da inversão da posição do isolamento térmico, relativamente à impermeabilização no revestimento da cobertura plana.

4.1.4. Soluções de Isolamentos térmico para as coberturas

Existem algumas diferenças de melhorias nas características térmicas das coberturas quando se pensa no conforto de Inverno ou de Verão. Contudo, a questão que vai ser aprofundada é o *“reforço do isolamento térmico à melhoria das condições de ventilação dos espaços de ar delimitados entre as coberturas e os tectos dos últimos pisos dos edifícios, ou entre os revestimentos de cobertura e os forros inferiores. Este efeito é conseguido, com certa eficácia, com*

*a colocação de telhas de ventilação, dispostas em vertentes opostas de modo a facilitar-se a criação de correntes de escoamento de ar sobreaquecido; esta prática, corrente nas coberturas de edifícios antigos, verifica-se ter sido frequentemente desprezada em inúmeras operações de “reabilitação”.*²²

Nas coberturas de telhados inclinados as soluções a adotar dependem do tipo de coberturas que o edifício tem e do tipo de aproveitamento dos espaços entre a cobertura e o teto do último piso, ou seja, se os sótãos são habitáveis ou não habitáveis.

“As soluções disponíveis são muito diversas, podendo agrupar-se nos seguintes tipos essenciais:

- *Colocação de mantas de materiais isolantes sobre o tecto do último piso*

De execução muito simples, pressupõe a não utilização dos sótãos, e consiste na simples deposição de mantas de lã de vidro ou de rocha ou de fibras de vidro, havendo o cuidado de garantir a existência de boas condições de ventilação que impedirão a formação de condensações que afectariam o rendimento do isolamento. As mantas são colocadas entre os vigamentos do tecto, que podem ser as linhas inferiores das asnas de cobertura quando estas existem.

- *Colocação de materiais a granel sobre o tecto do último piso*

Com as mesmas características da solução anterior, substituindo-se as mantas flexíveis por granulados de poliestireno, cortiça, vermiculite, etc., colocados e espalhados de forma a obter uma espessura uniforme; esta solução pode ser pouco estável, sobretudo se ocorrer ventilação excessiva. Para evitar este fenómeno e até a perda de material, pode fazer-se a sua protecção superficial com um revestimento adequado

²²Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.221

- *Placas isolantes ao nível do tecto do último piso*

Trata-se de uma solução a encarar, por exemplo, quando a mau estado de conservação dos tectos existentes recomenda a sua substituição integral, caso em que os novos painéis isolantes podem então desempenhar em simultâneo as funções de revestimento de tecto. As soluções mais vulgares baseiam-se em placas de gesso forradas com lâminas de materiais isolantes, como foram descritos para as paredes.

A sua aplicação faz-se geralmente por pregagem sobre a estrutura de tecto existente, ou por suspensão a partir da estrutura de cobertura; os painéis podem incorporar barreiras de vapor, prevenindo-se assim os efeitos negativos de condensações.

- *Placas rígidas ao nível da cobertura*

Solução a encarar quando se preveja ou existe o aproveitamento dos sótãos, pode basear-se em numerosos materiais disponíveis, como por exemplo, placas rígidas de lã de vidro e de rocha, poliestireno expandido, espuma de poliuretano. Etc.

As placas são colocadas entre as madres ou varas da estrutura de cobertura, devendo cuidar-se de evitar o seu deslizamento segundo a pendente da cobertura, e deve assegurar-se um espaço de ar mínimo de 50 mm entre a face superior da camada isolante e a face inferior do ripado da cobertura, de modo a minimizar o efeito de condensações.

Estas placas de isolamento podem ser revestidas inferiormente por placas de tecto à base de gesso cartonado ou de madeira maciça ou em aglomerados – em certos casos -, ou pode recorrer-se a soluções como as já descritas, em que aplicam painéis isolantes de gesso, que em fabrica incorporam a totalidade dos elementos necessários.”²³

²³Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.223

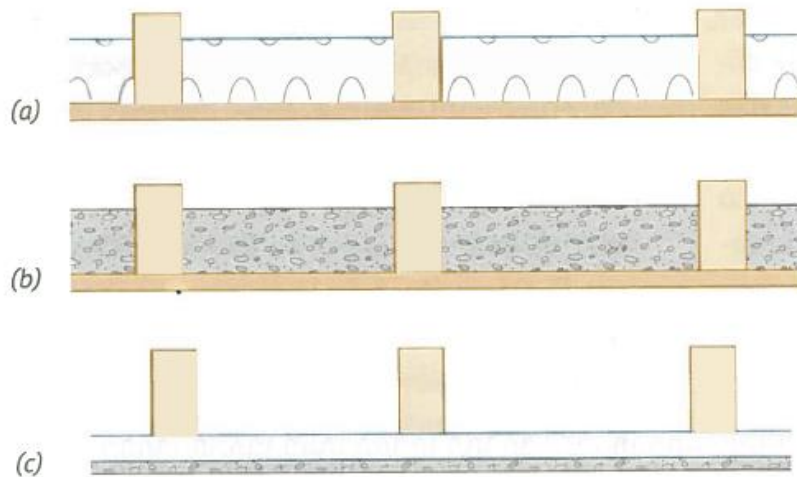


Figura 8 Reforço de isolamento térmico de coberturas ao nível dos tetos falso. A) Mantas de isolamento sobre teto existente; B) Isolantes a granel sobre teto existente; c) Teto isolante novo

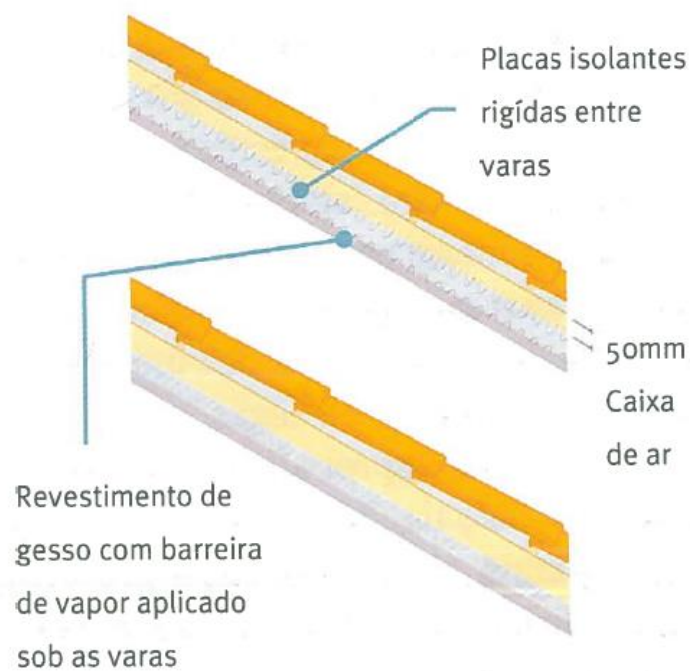


Figura 9 Reforço de isolamento térmico de coberturas ao nível dos forros

Já nas coberturas invertidas ou coberturas de terraço a melhoria das condições de isolamento térmico pode-se encontrar isolamento pelo interior, nos tetos do último piso, ou pelo exterior, aplicados sobre a estrutura da cobertura. Estes tipos de soluções dependem da conservação das coberturas e a forma como o edifício está a ser ocupado.

“Soluções de reforço do isolamento térmico de coberturas planas:

- *Aplicação de placas isolantes térmicas ao nível do tecto*

As placas, com características que já foram descritas antes, podem ser fixadas directamente ao tecto existente o qual, se estiver em mau estado de conservação, será removido e substituído pelas referidas placas isolantes.

Com esta solução, obtém-se uma cobertura em que a temperatura da estrutura se manterá aproximadamente igual à do ar exterior, o que significa, em tempo frio, a possibilidade de ocorrerem frequentemente fenómenos de condensação. Tal risco poderá ser eliminado através da adopção de barreiras de vapor, as quais podem estar incorporadas nas placas isolantes.

- *Aplicação de placas isolantes sobre a cobertura existente*

Quando se verifica que o revestimento do terraço está em mau estado de conservação, obrigando a profundas intervenções de reparação ou substituição integral, a aplicação de isolamentos térmicos pelo exterior surge como uma opção natural e fácil.

A solução mais vulgar consistirá então na aplicação de placas rígidas de material isolante térmico, sobre a estrutura de coberturas e sob o novo revestimento do terraço, sendo geralmente o isolamento térmico protegido da acção da humidade pela aplicação de uma camada impermeabilizante.

Mesmo quando o revestimento do terraço se apresenta em boas condições, é viável a opção pela protecção térmica exterior, mantendo integralmente a cobertura existente e sobrepondo-lhe uma camada isolante, por exemplo à base de poliestireno expandido, constituindo uma solução vulgarmente designada por cobertura invertida.

As condições de aplicação do isolamento dependerão, naturalmente, das características dos revestimentos existentes, por exemplo, das condições de rugosidade superficial, podendo obrigar a uma preparação da base de aplicação do isolamento, à custa de camadas de regularização e nivelamento.

(...) O isolamento de coberturas pelo exterior apresenta algumas vantagens interessantes que justificam o êxito que estas soluções têm vindo a conquistar. Refira-se, por exemplo, que com esta solução se minimiza o risco de condensações na cobertura, uma vez que a estrutura se irá manter, em tempo frio, a temperaturas idênticas às do interior das habitações. Registe-se ainda a ausência de perturbações do interior do edifício, por oposição à solução de isolamento térmico pelo interior, que pode mesmo ser totalmente proscrita no caso de tectos trabalhados ou decorados.”²⁴

4.2. Paredes em Alvenaria de Pedra

4.2.1. Introdução

As primeiras construções em alvenaria de pedra consistiam em paredes com uma acumulação grosseira de pedra, que podiam ter ou não juntas de terra (argamassa). As pedras de alvenaria começaram a ter uma forma poligonal, por causa do desenvolvimento das ferramentas para trabalhar a pedra, o que fazia com que fosse mais fácil de emparelhar as pedras com esta forma, pois assim permitia um melhor “fecho” das paredes que podiam ter juntas de argamassa em cal ou juntas seca.

Ao longo dos séculos consegue-se perceber que as paredes-mestras ou as paredes principais dos edifícios antigos no ponto de vista construtivo apresentam pouca variação, apesar de haver uma redução da espessura das paredes de alvenaria. Sendo que isto acontece com a redução da quantidade de materiais aplicados que na construção isto só é possível com o domínio científico do material e da sua resistência.

4.2.2. Características das Paredes de Alvenaria

²⁴Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.225

As paredes exteriores dos edifícios antigos também conhecidas por paredes resistentes são todas as paredes que *“representam um papel revelante na estrutura do edifício, no que se refere à resistência a cargas verticais - nomeadamente as de natureza gravítica - e também a forças horizontais – como, por exemplo, vento e os sismos”*²⁵. Na constituição das paredes-mestras encontram-se traços comuns e fatores de diferenciação. *“ Como traço de união, estas paredes apresentam geralmente grande espessura e são constituídas por materiais heterogéneos, de que resultam elementos rígidos e pesados, de materiais cuja principal característica mecânica consiste na baixíssima, ou nula, resistência à tracção”*²⁶



Figura 11 Paredes resistentes de alvenaria simples, que por vezes englobam vários materiais.

Já fatores de diferenciação estão relacionados com o local e a disponibilidade do material e o valor unitário dos mesmos.

“A grande espessura destas paredes justifica-se por um conjunto de razões, de natureza estrutural e mecânica, mas não só. Na verdade, os materiais que constituem estas paredes não apresentam resistência à tracção e, pelo contrário, resistem razoavelmente a esforços de compressão e menos a esforços de corte. Assim, a largura, aparentemente excessiva das paredes, justifica-se por razões de efeito sumativo: uma parede larga é pesada e, portanto, a compressão daí

²⁵Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.18

²⁶ Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.18

resultante funciona como uma força estabilizadora, equilibrante de forças horizontais deslizantes e derrubastes que são devidas, por exemplo, a impulsos de terras ou elementos estruturais, como arcos e abóbadas, a choques acidentais, ao vento e aos sismos. Em segundo lugar, quanto mais larga é a parede, menor esbelta ela é, ou seja, menor é o risco de instabilidade por encurvadura.”²⁷(figura 12)

No entanto, existem outras razões para as paredes exteriores serem de tão grande espessura, como por exemplo a função que estas paredes desempenham na proteção dos interiores dos edifícios em relação aos agentes atmosféricos, como à ação do vento e das águas pluviais, ou seja, a grande espessura da parede faz com que as águas e o ar tenham que percorrer entre o ambiente exterior e o interior do edifício o que torna um percurso demorado, pois o longo período de tempo que as águas demoram a percorrer os “meandros” das paredes, sendo que este período demora entre a época das chuvas e a época do tempo seco, faz com que a água infiltrada faça o percurso inverso, a secagem das paredes preparando assim o recomeço do novo ciclo, o inverno. (ver figura 15). Sendo que por vezes estes ciclos não são fechados na perfeição por causa dos invernos prolongados o que faz com que as humidades infiltradas passem definitivamente para o interior do edifício, humidades estas que estão relacionadas com as “salitras”, bolores e fungos que os edifícios antigos contêm. No entanto, é possível constatar que no verão consegue-se dar uma resposta satisfatória do conforto térmico, por causa da elevada espessura da parede exterior conseguindo assim uma elevada inércia térmica.

²⁷Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1ª ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.19-20

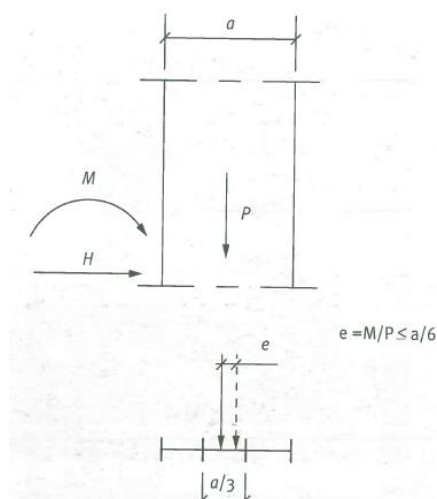


Figura 12 Modelo de comportamento estático de parede de alvenaria

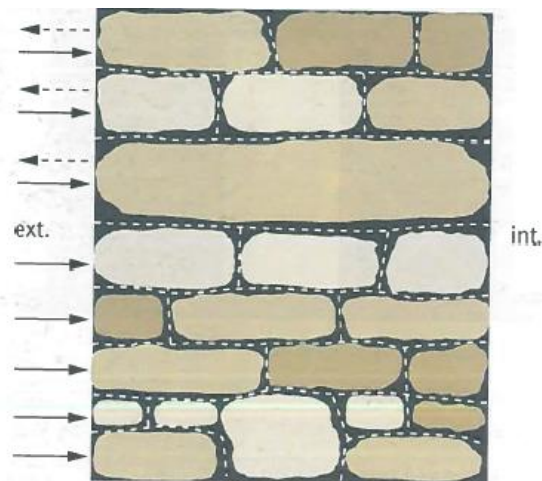


Figura 13 Modelo de comportamento de parede de alvenaria, em relação à humidade.

As paredes dos edifícios antigos apresentam várias soluções construtivas, essencialmente nos materiais utilizados na sua composição, quer ao nível de materiais de ligações, como também as técnicas aplicadas.

Para a construção de uma parede de alvenaria existe um conjunto de regras que têm que ser cumpridas como *“o desfasamento das juntas entre elementos (matar juntas), de modo a criar um imbricado que dificulte a progressão de uma fenda é uma técnica bem conhecida, que se aplica indistintamente no caso de alvenarias de pedras talhada, de pedra irregular ou de tijolo. O papel desempenhado pelo perpianho, pedra que atravessa o pano de parede de uma face a outra, mantém-se mesmo na alvenaria de pedra irregular de boa qualidade e a sua inexistência é fulcral na explicação de anomalias estruturais muito importantes em alvenarias defeituosas; (figura 14) da mesma forma, este papel é desempenhado pelos tijolos atravessados nas alvenarias destes materiais.”*²⁸(figura 15)

²⁸Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.25



Figura 14 Montagem de blocos, com junta Desfasada.



Figura 15 Blocos de pedra de boa qualidade e com perpianhos, em cunhal.

Outro aspeto importante na construção das paredes de alvenaria são as aberturas nas paredes para a realização de portas e janelas, sendo que estas aberturas são operações delicadas pois estão relacionadas com a interrupção da estrutura da parede e com o esforço da periferia da abertura. A forma mais simples, mas nem sempre adequada para estas aberturas, é a utilização de um elemento horizontal como um lintel, verga ou padieira que atravesse a abertura apoiando-se nas extremidades da própria parede, junto ao contorno da abertura. Contudo, esta solução é mais adequada para aberturas pequenas e normalmente para paredes interiores de menor importância estrutural por causa da limitação das dimensões disponíveis dos materiais estruturais usados no elemento horizontal.

Nos casos de aberturas de grandes dimensões é necessário reforçar as faces verticais do contorno das aberturas, que só é *“conseguindo através da forma como se escolhem os remates da alvenaria para essa zona, variando em função da natureza da própria parede. Uma solução corrente, pelo menos na alvenaria de melhor qualidade, consiste em colocar, na periferia da abertura, fiadas de tijolo e pedras de cantaria. (Em qualquer caso, estas são sempre zonas frágeis da estrutura do edifício, onde se concentram danos importantes, por exemplo, quando da ocorrência de sismos de grande intensidade.”*²⁹

²⁹ Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1ª ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.27-28

4.2.3. Conforto térmico através das paredes exteriores

Apesar de haver dois tipos de soluções para reforçar o conforto térmico é preciso considerar qual será a melhor opção para a solução construtiva da própria parede do edifício. Sendo que os dois tipos de soluções são o isolamento térmico pelo exterior da parede, ou o isolamento térmico pelo interior da parede.

Na aplicação da camada do isolamento pelo exterior encontram-se as seguintes características:

- *“A parede existente mantém-se quente e seca, aumentando assim a sua resistência e a sua capacidade de armazenar energia;*
- *As pontes térmicas são eliminadas, nomeadamente nas zonas de intersecção entre as paredes exteriores e paredes interiores ortogonais, o que permite reduzir as perdas térmicas e eliminar a condensação superficial;*
- *É reduzido o risco de condensação intersticial no interior da parede;*
- *Não há qualquer trabalho no interior do edifício, o que reduz o nível de perturbação provocado aos utilizadores durante as obras de reforço de isolamento;*
- *Não há perda de espaço interior;*
- *Quando se esteja a intervir num edifício com revestimentos exteriores deteriorados, a aplicação da camada isolante exterior contribui para melhorar o aspecto da própria parede;*
- *Exige a montagem de andaimes, o que, embora não seja um problema essencial em edifícios antigos, nem por isso deve deixar de ser encarados como uma desvantagem em edifícios com mais de um piso; ”³⁰*

Já a aplicação da camada de isolamento pelo interior encontram-se as seguintes características:

- *“A sua aplicação não é afectada pelas condições climatéricas;*
- *O acesso às superfícies a tratar é fácil;*

³⁰Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.216-218

- *Não tem qualquer efeito na aparência exterior do edifício, não a modificando mas também não lhe assegurando qualquer protecção;*
- *É mais simples de aplicar do que o isolamento pelo exterior e por isso mais económica;*
- *Não elimina pontes térmicas;*
- *Provoca serias perturbações ao normal funcionamento das habitações;*
- *Elimina a condensação superficial;*
- *Reduz o espaço interior disponível;*³¹

No entanto, de forma geral pode-se dizer que independentemente da solução escolhida para o reforço do isolamento térmico para as paredes exteriores dos edifícios antigos, existem dificuldades, um vez que, ao aplicar o isolante térmico pelo exterior a fachada do edifício sofre alterações perdendo assim a sua linguagem. Já o isolamento térmico pelo interior faz com que sejam reduzidas as áreas interiores dos compartimentos o que pode tornar-se um problema principalmente quando os edifícios apresentam divisões com áreas muito restritas.

Contundo, a solução adotada para o caso de estudo foi a aplicação de uma camada de isolamento térmico pelo interior, uma vez que a intervenção é feita num edifício de valor patrimonial a sua fachada não deve sofrer nenhuma alteração, daí a escolha desta aplicação. No entanto, dentro deste tipo de solução encontram-se dois tipos de soluções de camadas de isolamento térmico.

A primeira solução é constituída por uma “camada de isolamento térmico entre a face da parede existente e uma contrafachada que tem a função de constituir a nova face aparente da parede, permitindo ainda assegurar a protecção do ambiente interior em relação a humidade que acedam à parede. Em alternativa a esta solução base, apropriada quando se pretende obter resistências térmicas muito elevadas, pode se suficiente, pelo menos nas zonas climáticas mais moderadas, limitar a reabilitação térmica da parede execução da contrafachada, em pano simples de alvenaria ou em placas de gesso cartonado, por exemplo,

³¹Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1ª ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.218

constituindo-se assim uma parede dupla. Uma segunda opção consiste em aplicar à face da parede painéis isolantes, à base de gesso, sobre o qual tenha sido previamente colada a camada de isolamento térmico.”³² (figura 16)

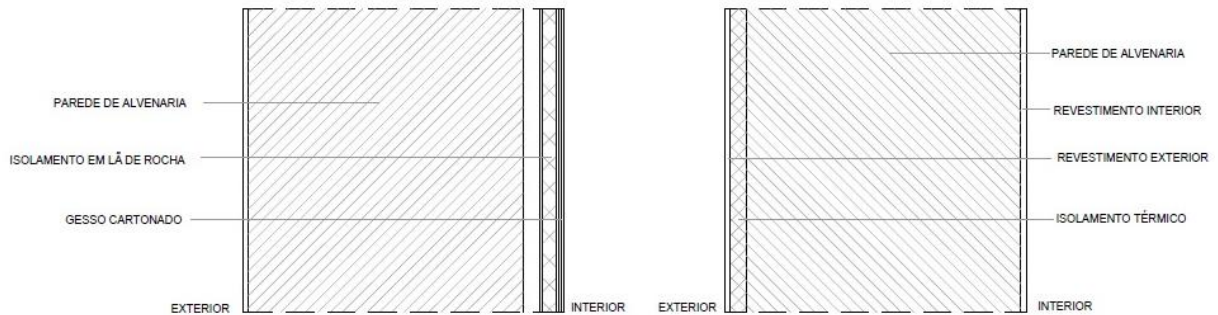


Figura 16 Reforço de isolamento térmico de paredes, pelo interior e pelo exterior

4.3. Vãos e caixilharias

4.3.1. Introdução

Quando se pretende que os edifícios tenham um conforto térmico adequado é necessário melhorar o comportamento térmico, no caso dos vãos e caixilharias, opta-se ou por restaurar a caixilharia existente, ou por substituir a caixilharia, ou ainda por introduzir uma nova caixilharia. Sendo que quando se está a falar de casos de reabilitação em edifícios antigos, é preciso ter em conta a importância da caixilharia existente, pois marca a sua fachada e, por vezes, a sua substituição pode mudar a linguagem do edifício.

Nos edifícios antigos, a maior parte das caixilharias eram em madeira de casquinha, tendo vários formatos e tipologias, podendo haver janelas de uma ou de múltiplas folhas, sendo que as mais utilizadas eram as janelas de guilhotina, onde a folha inferior é móvel e a superior é fixa, tendo fixos dispositivos de prisão

³² Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.219

da folha móvel para quando esta atingisse a sua posição superior. Já as janelas de abrir eram mais vulgares, em que a folha móvel roda em torno de um eixo vertical junto às bordas da janela. A sua folha era preenchida por uma ou várias chapas de vidro liso, dependendo assim da forma da estrutura de madeira da folha.

No entanto, é possível admitir que as janelas que hoje observamos já não são as soluções originais, sendo que em muitos edifícios já terão sido substituídas uma ou mais vezes, pois as caixilharias de madeira estão sujeitas à ação direta de agentes atmosféricos, o que promove a sua durabilidade, que não é comparável com os restantes elementos de construção.



Figura 17 Janela de duas folhas e de abrir e janela de guilhotina

4.3.2. Vãos e Caixilharias de guilhotina e de batente com bandeira

O vão e os caixilhos sofreram várias alterações ao longos dos tempos, sendo o caixilho um elemento que completa o vão, permitindo assim a permeabilidade dos edifícios e o melhoramento do desempenho térmico, uma vez que as caixilharias eram em madeira.

Foi no século XVIII que os ingleses importaram a janela inglesa de guilhotina para Portugal, conseguindo proporcionar uma melhor ventilação dos espaços, mas mais tarde esta janela começou a ser substituída pela janela de batente de duas folhas, com bandeira e de abertura para interior. Esta mudança só se conseguiu com o avanço tecnológico do vidro no século XIX, o que permitiria novas dimensões de vidros e novas formas de caixilharias desde a janela de guilhotina, às janelas de abrir com bandeira e as janelas de correr.

A data do início de produção do vidro na Península Ibérica não se consegue precisar, mas sabe-se que o vidro era fabricado a partir da fusão de sílica com sal e carbonato de sódio ou potássio, sendo que a produção do vidro foi sofrendo alterações desde da sua cor ao seu formato.

A caixilharia de guilhotina normalmente tinha *“folhas de três e quatro vidros de largo, por dois e três de alto, e, no século XIX, aparecem por vezes na fileira mais alta da folha superior vidros com feitos e até cores diversas, numa simulação de portadas”*³³

*“O caixilho de guilhotina, ao contrário do de batente, usa um aro fixo de madeira, que serve de calha para as folhas poderem correr. O aro é constituído por uma esquadria formada por uma ou duas tábuas, com a largura das duas folhas do caixilho, cerca de 6cm, fixas às ombreiras de pedra por tacos de madeira ou chapuzes. A este aro é pregado pelo exterior de batente, que vão conformar a forma da calha onde as folhas podem correr. As folhas, móveis ou fixas, são constituídas por uma esquadria de duas couceiras e duas travessas, com o interior dividido por pinázios disposto em forma de quadrícula. Esta quadrícula é preenchida com pequenos vidros, segundo o mesmo processo descrito no exemplo anterior. Também no que diz respeito à samblagens e outras uniões entre os vários elementos do caixilho, estas são em tudo iguais às dos exemplos anteriores.”*³⁴

³³ Veiga de Oliveira, Emesto, Galhano, Fernando, *Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Publicações D. Quixote, Lisboa 1992

³⁴ Teixeira, J. J. L., *Prova de aptidão pedagógica e capacidade científica*, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Porto, 2004

No que diz respeito ao parapeito dos caixilhos de guilhotina, estes são revestidos por uma soleira no exterior e por uma tábua de peito no seu interior, sendo estas peças de uma ou de duas peças de madeira. A cor nos caixilhos de guilhotina normalmente é branca e os aros de cor escura.

Quanto aos caixilhos de batente de abrir são constituídos por *“uma esquadria de couceiras e travessas, divididas por pinázios e travessas intermédias, preenchidas com vidros e almofadas. Nas travessas inferiores são fixadas pingadeiras ou borrachas, para evitar a entrada de água, e a uma das couceiras de batente é pregado um perfil de batente, a servir de mata juntas. Os caixilhos das bandeiras são apenas constituídos por uma esquadria de couceiras e travessas, dividida por pinázios, segundo variadas formas e estilos. As samblagens e restantes uniões entre as várias peças, algumas de formas delicadas como os pinázios, são em tudo iguais às das portas. A dividir os caixilhos de abrir do caixilho da bandeira existe a travessa da bandeira que, à semelhança do que acontece nas portas, pode apresentar-se mais ou decorada com variado tipo de ornatos.”*³⁵

Nestas caixilharias os materiais mais utilizados eram a madeira de casquinha, castanho e de pinho de terra, e os vidros destas caixilharias poderiam variar de espessuras apenas entre os 3mm e os 5mm, fixos por tachas para depois serem vedados por betume de vidraceiro. A cor usada para a pintura das caixilharias era normalmente o branco, sendo que os aros mata juntas e as travessas da bandeira teriam outra cor.

Os parapeitos destas janelas eram constituídos por uma ou duas peças e o exterior era constituído pela soleira e o interior pela tábua de peito.

4.3.3. Conforto térmico através das caixilharias

³⁵ Teixeira, J. J. L., Prova de aptidão pedagógica e capacidade científica, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Porto, 2004

O conforto térmico através das caixilharias pode ser alcançado através de três soluções: o restauro da caixilharia existente do edifício, a introdução de uma segunda caixilharia e a substituição da caixilharia. Sendo que *“para qualquer das opções chama-se a atenção para a necessidade de cuidar das questões de ventilação dos compartimentos, já que a vedação perfeita das janelas impedirá a ventilação natural que tradicionalmente se processa através das folgas e outras imperfeições da caixilharia. Uma melhoria substancial do comportamento higrotérmico da caixilharia poderá igualmente causar outras anomalias, como, por exemplo, a formação de humidade de condensação nas paredes desse compartimento, se não for introduzido qualquer isolamento térmico nas alvenarias em contacto com o exterior.”*³⁶

Quando se opta pelo restauro da caixilharia existente do edifício, pode dizer-se que de certa forma é a solução mais difícil para obter um conforto térmico elevado e adequado a edifícios de habitações. Sendo que em contrapartida, hoje em dia já é possível utilizar novas técnicas de forma a melhorar o desempenho da caixilharia sem alterar a sua imagem original através da *“introdução de vedantes de borracha em pontos críticos; reforço de encaixes ou realização de próteses; utilização de vidros com melhor desempenho; adaptação ou substituição de ferragens (dobradiças, fechos, etc.)”*.³⁷

Mas, como foi referido, apesar de esta solução não alterar a imagem original da caixilharia existente, não se consegue ter, através do restauro, os níveis de conforto térmicos elevados que uma habitação precisa.

A solução da introdução de uma segunda caixilharia dá resposta aos problemas relacionados com o conforto térmico e a imagem dos edifícios, ou seja, ao introduzir a segunda caixilharia consegue preservar-se a caixilharia existente, mantendo assim a linguagem e expressão formal do edifício, sendo que também

³⁶ Lopes, Nuno Valentim Rodrigues. Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX – Do Restauro à Selecção Exigencial de uma Nova Caixilharia: o Estudo do Caso da Habitação Corrente Portuense. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006. Pág. 71

³⁷ Carvalho, Cristina Isabel Pinto. Reabilitação Energética: Propostas para melhoria do desempenho térmico dos elementos construtivos na envolvente do edifício corrente do final do século XIX e do século XX, Prova Final para Licenciatura em Arquitectura, Orientador da Prova: Arquitecto Nuno Valentim Lopes, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Porto, pág. 100

consegue dar resposta aos níveis do conforto térmico que um edifício de habitação deve conter.

Quando acontece a substituição da caixilharia existente por uma caixilharia nova, tenta-se reproduzir ou reinterpretar o desenho original da caixilharia. Começando pela substituição do vidro simples por um vidro duplo, dando uma maior espessura à caixilharia, o que faria com que houvesse a substituição da massa de vidraceiro por bites para a fixação dos vidros.

Esta solução tem vantagens, como a melhoria do comportamento térmico e a obtenção dos níveis mais adequados a cada edifício de habitação. Por outro lado, existem também desvantagens a assinalar, como por exemplo, ao substituir ou tentar reinterpretar o desenho original, o resultado pode modificar as proporções do caixilho existente com reflexos na expressão arquitetónica da fachada.

4.4. Pavimentos

4.4.1. Introdução

A partir do século XVI a madeira passou a ser utilizada na execução de pavimentos e coberturas, pois antes da Ordem Manuelina a madeira só era utilizada na construção de edifícios da classe social baixa, o povo, enquanto que, os edifícios do clero e da nobreza já apresentavam uma construção em alvenaria.

Em Portugal, a utilização de madeira na construção era uma constante, mas após o terramoto de 1755 em Lisboa foi criado um novo conceito na construção, a gaiola pombalina, que consiste numa estrutura de madeira com preenchimento de alvenaria.

Antigamente, na escolha da madeira a ser utilizada, era necessário ter em conta a finalidade do edifício, pois as madeiras como o castanho, o carvalho e o pitch-

pine apenas eram utilizadas em palácios, castelos ou nos interiores das igrejas. Já as madeiras de pinho ou cipreste eram utilizadas nas ripas ou fasquio, por serem considerados elementos de menor importância.

No entanto, a escolha da madeira também é feita a partir da predominância da espécie que se encontra no local da construção ou nas regiões envolventes.

4.4.2. Características Pavimentos de edifícios antigos

Quando se fala sobre pavimentos de edifícios antigos normalmente fala-se sobre pavimentos elevados e não de pavimentos térreos por estes serem constituídos por uma solução simples como *“terra batida, ou enrocamentos de pedra arrumada à mão, sobre o que se coloca a camada de revestimento e desgaste, em lajedo de pedra, em ladrilhos ou tijoleiras cerâmicas ou em sobrados de madeira.”*³⁸

Os pavimentos elevados em madeira são conhecidos como a solução da maioria dos edifícios antigos, não só por a madeira ser o material predominante na estrutura destes pavimentos mas também pela sua constituição, ou seja, os pavimentos elevados são constituídos por *“vigamentos principais paralelamente, com um afastamento que varia, em função de vários factores, entre cerca de 0,20 m e 0,40 m. Uma regra, seguida nos pavimentos de edifícios antigos e de melhor qualidade, aponta para adopção de afastamento entre vigas iguais à largura das próprias vigas (...), correspondendo a vigas com cerca de 0,15 m de largura (6 polegadas) e distancia entre os eixos de cerca de 0,30 m (um pé).*

*Esta regra observa-se, aproximadamente, na melhor construção da época pombalina, evoluindo a prática construtiva para vigas cada vez mais estreitas, embora se mantenha o afastamento entre eixos.”*³⁹

³⁸Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.29

³⁹Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion. Pág.35-36

No entanto, os pavimentos térreos também tem um papel importante nos edifícios antigos para o melhoramento do conforto térmico, uma vez que este pavimento está em contato direto com o solo, a existência de humidade pode derivar das infiltrações através das fendas ou vãos. Daí ser necessário encontrar soluções para combater estas humidades que prejudicam o comportamento térmico dos pavimentos, porque apesar do revestimento destes pavimentos ser em madeira, que é por excelência um tipo de revestimento comodo e confortável que possui excelentes qualidades de isolamento térmico, não conseguem combater o problema da humidade e em muitos casos opta-se por levantar grande parte do pavimento do piso térreo, construir uma caixa-de-ar sobre a qual seria então recolocado um pavimento em soalho de madeira.

4.4.2. Conforto térmico através dos pavimentos

No século XX os pavimentos sofreram várias alterações ao nível da construção e da técnica, indo assim ao encontro das necessidades da população aplicando novas técnicas, no entanto, nem sempre essas alterações construtivas apresentavam um melhoramento no conforto térmico dos pavimentos. Já que por vezes as características térmicas dos pavimentos eram desprezadas, houve a necessidade de criar um novo regulamento térmico (RCCTE) que defende a *“distinção entre os vários tipos de pavimentos tornou-se premente, uma vez que a localização do pavimento irá ter uma influência directa nas perdas térmicas do local onde este se encontra. A optimização do local e do tipo de isolante a colocar tornou-se numa preocupação obrigatória e constante.”*⁴⁰

Quando os pavimentos que estão em contacto com o solo não apresentam uma perda de calor significativa, opta-se por não isolar, pois os pavimentos são

⁴⁰ Teixeira, Fernando Jorge Ramos. Reabilitação do ponto vista térmico em pavimentos – Actuais exigências, novos materiais e tecnologias construtivas, Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil-Especialização em construções civis, Orientador: Professor Doutor Vítor Abrantes, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2008, pág. 17

revestidos a madeira que é por excelência um tipo de revestimento de excelentes qualidades de isolamento térmico.

Normalmente nos edifícios antigos os pavimentos de madeira estão sobre uma caixa-de-ar, sendo assim o isolamento faz-se por cima dos pavimentos existentes, o que faz com que seja necessária a colocação de um pavimento novo. A desvantagem desta solução está no aumento da cota do piso, sendo uma consequência imediata a nível das portas.

Outra alternativa é isolar entre as vigas que suportam o pavimento, mas no caso de uma reabilitação torna-se mais difícil de o fazer.

Capítulo V, intervenção no Edifício Antiga Casa Pia

5.1. Proposta de intervenção

No âmbito da unidade curricular de Projeto 5.1. do Mestrado Integrado de Arquitetura da Universidade Lusófona do Porto durante o ano letivo 2014/2015, foi proposto a projeção de um Estabelecimento Hoteleiro de 4 estrelas, a realizar na rua Augusto Rosa, a ser desenvolvido ao longo do ano letivo corrente. A escolha deste programa deve-se ao facto de que a Cidade do Porto estaria com um aumento significativo do número de turistas na cidade o que fez com que, nos últimos anos, o número de hotéis na cidade duplica-se e hoje em dia pode-

se encontrar cerca de 72 Hotéis no grande Porto, sendo que 20 desses Hotéis são de 4 estrelas.

No caso de Reabilitação este programa teria que ser desenvolvido no edifício do Antigo Governo Civil, que estaria a ser ocupado pela polícia de segurança pública (PSP), deste modo a reabilitação neste edifício teria que respeitar o valor patrimonial arquitetónico do edifício, sendo possível aos alunos acrescentar ou até mesmo retirar elementos do edifício para que se conseguisse obter a imagem pretendida para o edifício.

A área de intervenção deste projeto está limitada pelo muro de granito que serve de embasamento alargado do edifício, que é utilizado pela PSP como garagens.

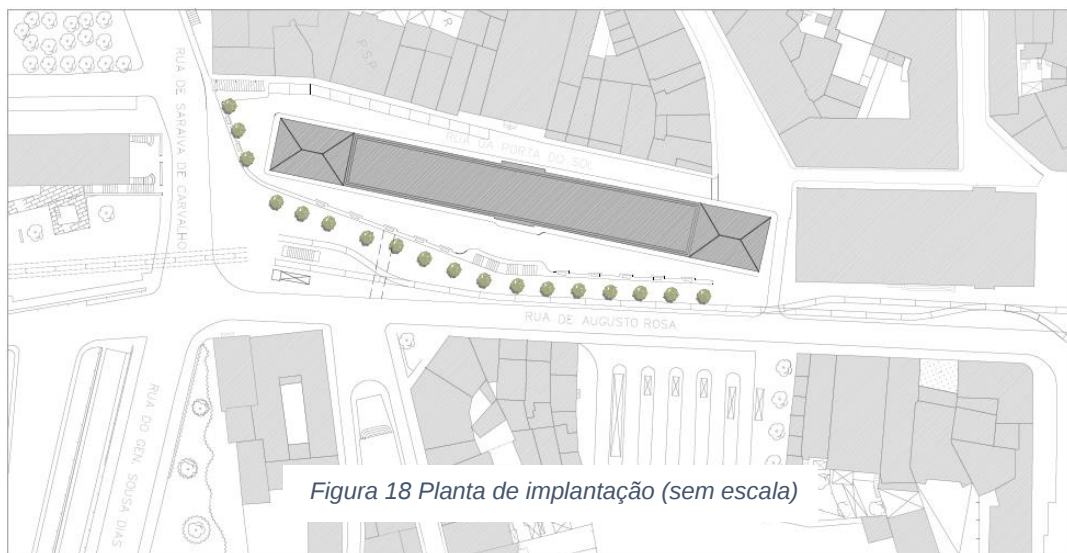


Figura 18 Planta de implantação (sem escala)

O edifício do Governo Civil desenvolve-se num volume paralelepípedo, com cerca de 122m de comprimento, sendo que em cada extremidade do edifício encontra-se um torreão. Este edifício desenvolve-se em três pisos, apesar de haver uma volume no edifício que funciona por meios pisos, no fundo este edifício podia assim ser dividido em 4 volumes, ou seja, um primeiro volume que seria a extremidade com torreão do lado da Muralha Fernandina, um segundo volume que seria o corpo central que contém um frontão triangular, o terceiro volume seria então volume do edifício que funciona como meios pisos, e o quarto

volume seria a outra extremidade do edifício que contém outro torreão, junto ao Teatro de São João.

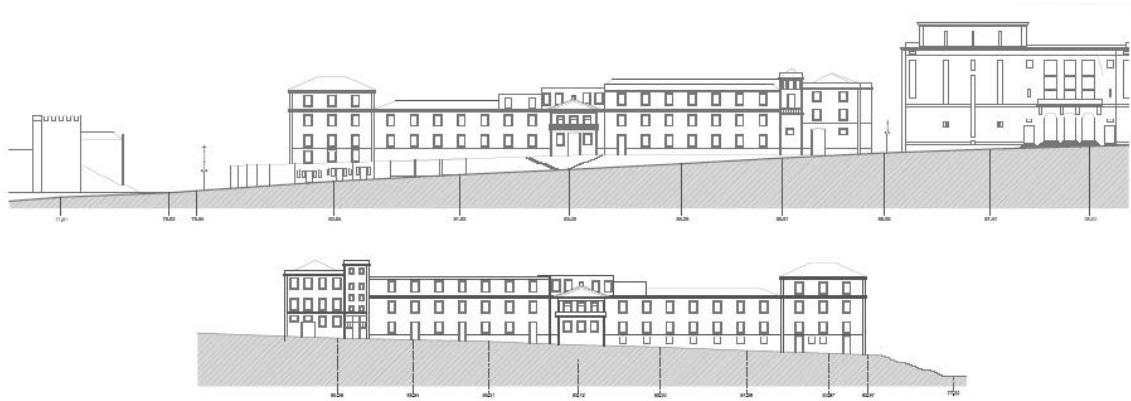


Figura 19 Alçados do edifício Antigo Governo Civil (sem escala)

A proposta inicial para este projeto de reabilitação consiste na preservação do edifício e trazer de novo a imagem do edifício que seria para mim a primeira solução arquitetónica, pois a solução que hoje em dia se encontra levanta muitas dúvidas em relação às possíveis alterações que o edifício possa ter sofrido. Apesar de não haver muitos registos fotográficos do edifício no ano da sua construção até aos anos mais recentes que demonstrem alterações arquitetónicas, é possível consultar no SIPA algumas plantas do edifício, sendo que a questão que se levanta é se realmente estas plantas são as iniciais ou se já são propostas de reabilitação para o edifício do Edifício do Governo Civil. (ver figura 39)

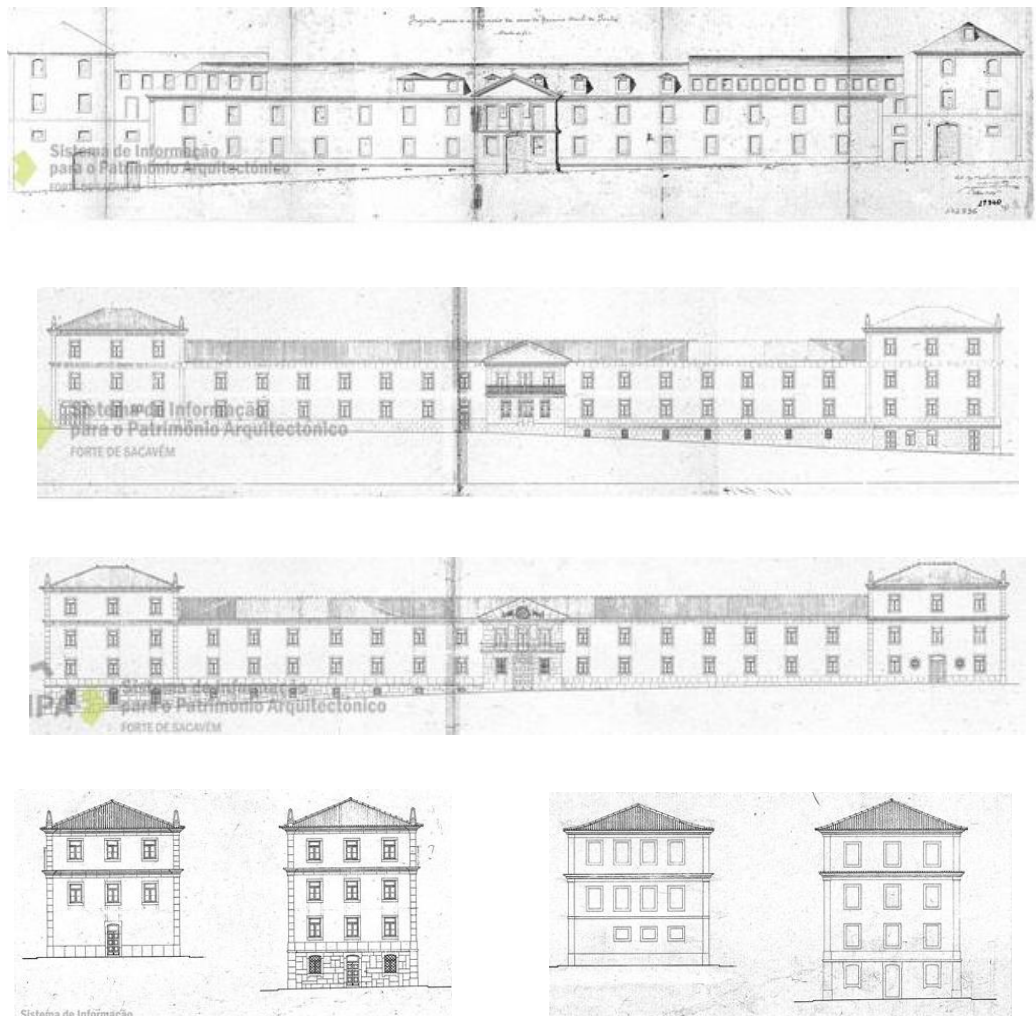


Figura 20 Vários plantas de alçados do edifício Governo Civil

Uma vez que não foi possível chegar a uma conclusão de como seria a primeira proposta do edifício, a proposta que eu apresento quanto ao seu volume consiste então no desaparecimento do que seria o terceiro volume do edifício, conseguido assim que o torreão dessa extremidade fosse simétrico ao outro torreão, obtendo então uma imagem do que seria para mim o edifício inicial e assim conseguia uma imagem mais “limpa” do edifício, tornando-o num volume mais desejado para a minha proposta.

O programa do hotel de 4 estrelas a desenvolver-se no edifício do Governo Civil consiste num hotel de 22 quartos, 8 suites, com serviço de pequeno-almoço, sendo que a área que este programa deveria ocupar era cerca de 4246.6m² contabilizando já com a área de circulação, uma vez que o volume que pretendia para minha proposta consistia em dois pisos no corpo central do edifício e nas

extremidades de três pisos com os torreões, o que dava uma área de cerca de 3378.92m². Sendo que com esta proposta não conseguiria cumprir o programa proposto e uma vez que era possível criar um novo corpo no edifício a solução encontrada foi então um terceiro piso, que seria uma nova intervenção com materiais novos mas que não alterasse demasiado a linguagem do edifício.

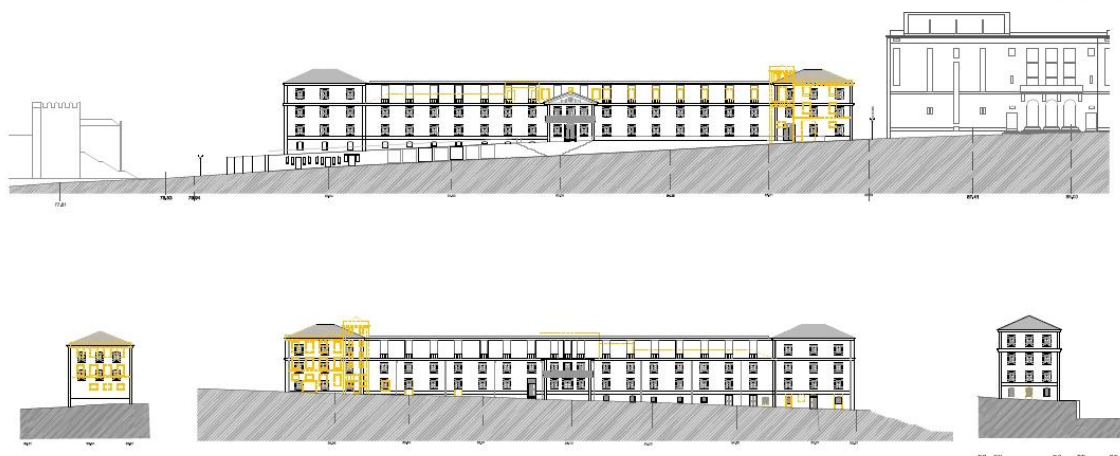


Figura 21 Alçados da proposta de intervenção (sem escala)

Uma vez que o edifício no seu interior funcionava por meios pisos, houve a necessidade de construir novas lajes, sendo que as novas deveriam exceder uma carga idêntica a carga dos barrotes daí a escolha de lajes colaborantes onde a sua estrutura metálica é apoiada nos mesmos sítios onde os barrotes estariam colocados. Estas lajes são compostas por soalho de madeira, laje inercia (para um melhor isolamento acústico de sons de percussão, uma camada resiliente, uma camada de betão leve (para a passagem de infraestruturas), a laje colaborante e uma tela acústica (para evitar sons aéreos), seguindo assim o teto falso de gesso cartonado para “esconder” todos estes elementos e para regularizar as diferentes cotas interiores entre pisos. Quanto às novas paredes no rés-de-chão são paredes de betão, uma vez que estamos a falar de paredes divisórias de zonas de serviços e por uma questão de estrutura, pois foi necessária a construção de uma parede longitudinal estrutural, já as paredes

divisórias dos quartos são paredes triplas de gesso cartonado. As coberturas de quatro águas que possui uma estrutura metálica que suporta toda a cobertura, sendo que estas coberturas contêm grelhas metálicas para a ventilação das UTAS, já a cobertura do novo piso é uma cobertura invertida revestida a cobre. Quanto às restantes áreas técnicas (chiller e caldeira) situam-se na garagem.

O interior do edifício é organizado por zonas públicas, privadas e de serviços. A entrada do Hotel é feita no eixo do corpo central do edifício. Nesta zona, encontram-se o átrio principal juntamente com a receção e a bagageira, que dá ligação à zona de administração que contem o BackOffice, a sala de reuniões, dois gabinetes e as instalações sanitárias. Já as comunicações verticais públicas encontram-se à direita do átrio principal, onde também se pode usufruir de uma zona de lazer, uma sala de estar e também de uma sala de jogos, instalações sanitárias e no volume do torreão (junto ao Teatro de São João) encontra-se um pequeno átrio e a sala de conferências, que por sua vez tem uma entrada própria pelo exterior do edifício.

Já no átrio principal deslocando-nos para a esquerda, é possível encontrar-se instalações sanitárias, um bar e a sala de pequenos-almoços, sendo que parte da sala de pequenos-almoços encontra-se no volume do torreão (do lado da Muralha Fernandina). Nesta zona posterior, encontra-se a zona de serviços da cozinha (que contém uma copa, uma zona de preparação, câmaras frigoríficas, de congelação e despensas), nesta zona também é possível fazer a ligação até à outra extremidade do edifício uma vez que a zona de circulação interna faz-se sempre no corredor direcionado para rua da Porta do Sol.

Em cada volume dos torreões encontra-se sempre comunicações verticais, sendo que só o volume do torreão do lado da Muralha Fernandina é que contém comunicações verticais para um piso semienterrado, neste piso situa-se a restante zona de serviço composta por um posto de controlo, um cais de cargas e descargas, balneários, refeitório, lavandaria, a câmara de contentores de lixo entre outros.

Os restantes dois pisos acima do volume central, são compostos no total por 24 quartos, 7 suites e 2 salas de apoio de quartos, sendo que estas duas salas situam-se sempre no torreão do lado da Muralha Fernandina. A única diferença existente nestes dois pisos, é que no último piso existe uma sala de estar. Os quartos e as suites foram desenvolvidos através da métrica dos vãos existentes e estão todos voltados para a Rua Augusto Rosa.

Uma vez que também era pedido uma intervenção na envolvente do edifício do Governo Civil, mais concretamente na Rua da Porta do Sol, a rua passou a ser acessível só aos moradores, e também aos funcionários e hóspedes do Hotel. Já a intervenção da zona frontal do Hotel, não sofreu alterações ao nível da rua e dos passeios, a não ser a colocação de bancos de jardins para que as pessoas que por ali passam pudessem repousar e contemplar a cidade.

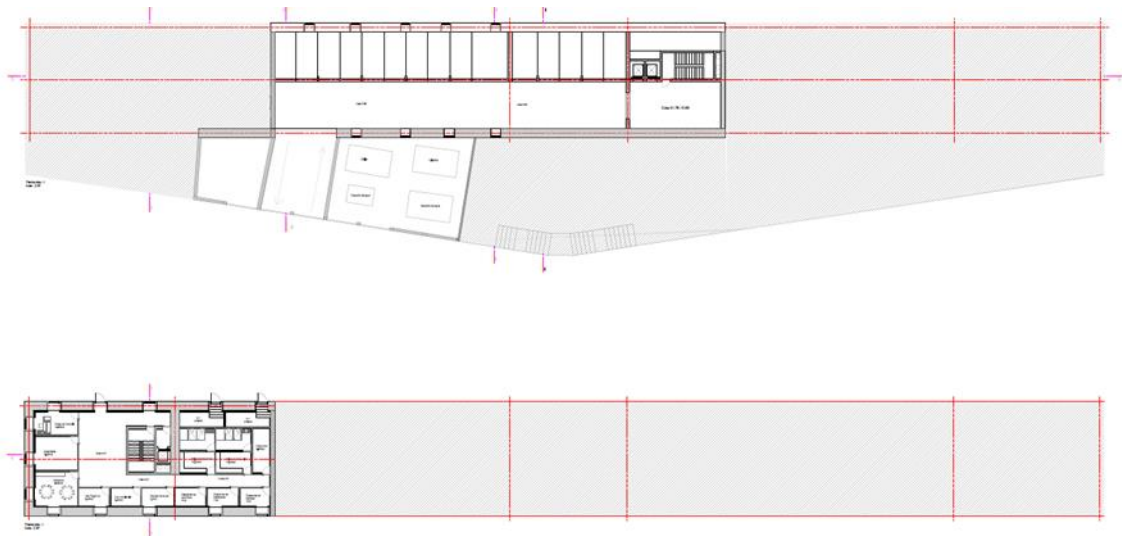


Figura 22 Planta da garagem e do piso-1 (sem escala)



Figura 23 Plantas do piso 0, 1, 2 e cobertura (sem escala)

5.2. Análise das condições térmicas do projeto de intervenção

É possível obter uma melhoria das condições térmicas em edifícios antigos através de uma intervenção nos elementos envolventes, ou seja, intervir nas coberturas, paredes exteriores, como nas próprias caixilharias. Sendo que essa intervenção neste projeto faz – se sempre pelo interior do edifício, uma vez que se pretende preservar a linguagem do edifício, o que podia não acontecer se esta intervenção fosse feita pelo exterior do edifício.

Nas coberturas inclinadas o conforto térmico pode-se conseguir através das seguintes soluções: Colocação de mantas de materiais isolantes sobre o teto do último piso; Colocação de materiais a granel sobre o teto do último piso; Placas isolantes ao nível do teto do último piso, isto quando falamos de coberturas inclinadas de estrutura de madeira ou metálica que é o que acontece nesta intervenção. Apesar que, nesta intervenção, o conforto térmico é conseguido através da laje colaborante que é composta por uma laje de inércia, geotêxtil, isolamento com placas de poliestireno extrudido, tela de impermeabilização, betão leve, laje colaborante, tela betuminosa de isolamento acústico. Já a cobertura invertida, é uma cobertura em cobre composta por uma estrutura de madeira de pinho tratada, com isolamento de placas de poliestireno extrudido e com caldeira em chapa de cobre.

Nas paredes exteriores a solução escolhida para a melhoria das condições térmica consiste em aplicar à face da parede interior painéis isolantes, à base de gesso cartonado, sobre o qual tenha sido previamente colada a camada de isolamento térmico, sendo que *“o isolamento pelo interior irá separar o espaço da massa térmica da parede e reduzirá, tanto o tempo de resposta, como a energia necessária para elevar o compartimento até aos níveis de conforto.”*⁸³

No que diz respeito às caixilharias, neste projeto, optei por uma segunda caixilharia, sendo que a existente é restaurada, pois nos edifícios antigos as caixilharias marcam a imagem das fachadas, pois constituem um traço arquitetónico importante. O restauro destas caixilharias é difícil pois é preciso um

⁸³ Carvalho, Cristina Isabel Pinto. *Reabilitação Energética: Propostas para melhoria do desempenho térmico dos elementos construtivos na envolvente do edifício corrente do final do século XIX e do século XX*, Prova Final para Licenciatura em Arquitectura, Orientador da Prova: Arquitecto Nuno Valentim Lopes, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Porto, pág. 90

bom carpinteiro/marceneiro que consiga fazer um bom restauro, apesar de mesmo assegurando o restauro destas caixilharias não é possível atingir o nível de conforto térmico exigido, mesmo utilizando novas técnicas para melhorar o desempenho da caixilharia sem alterar a sua imagem original. Com introdução da segunda caixilharia com vidros duplos, neste caso uma caixilharia de correr, consegue-se dar resposta aos níveis do conforto térmico que o edifício deve conter.

Já os pavimentos são compostos por soalho de madeira, uma vez que foi necessária a construção de novas lajes, por a existência de meios pisos, optou-se por uma laje colaborante, uma vez que exerce menos carga, pois esta estrutura metálica é apoiada nos mesmos sítios onde os anteriores barrotes estariam colocados.

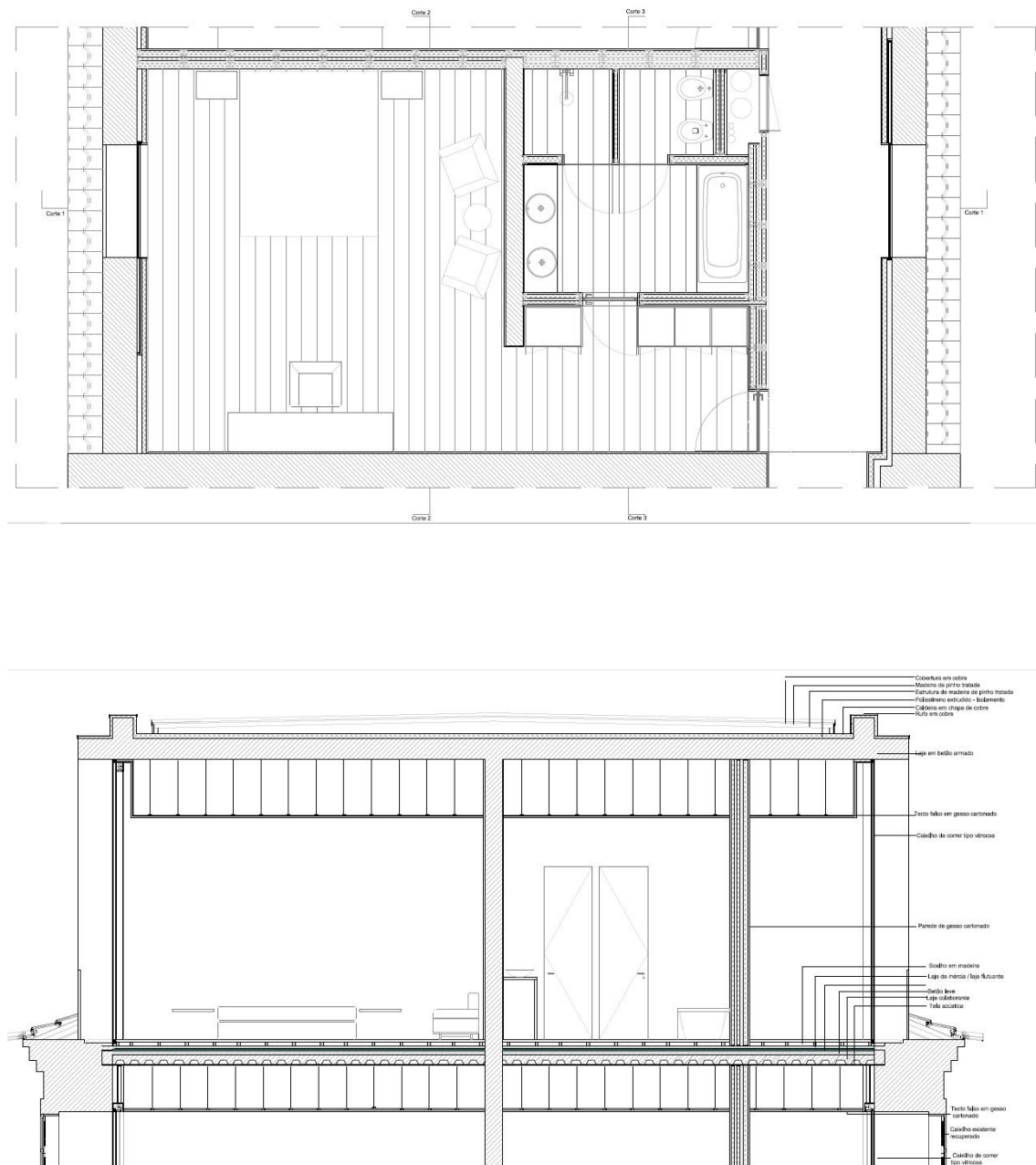


Figura 24 Planta e corte do quarto tipo (sem escala)

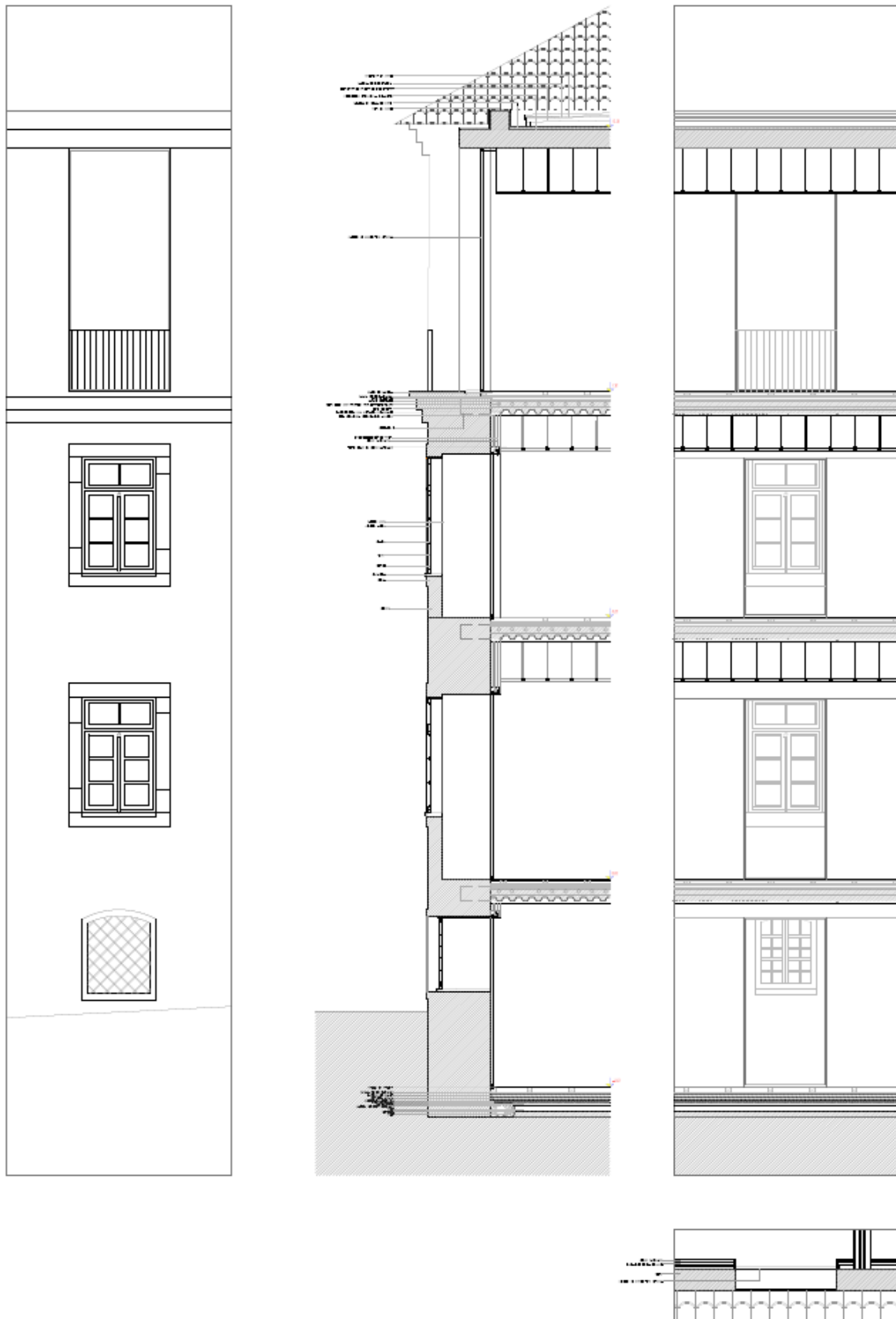


Fig. 25 – Pormenor construtivo da fachada tipo (sem escala)

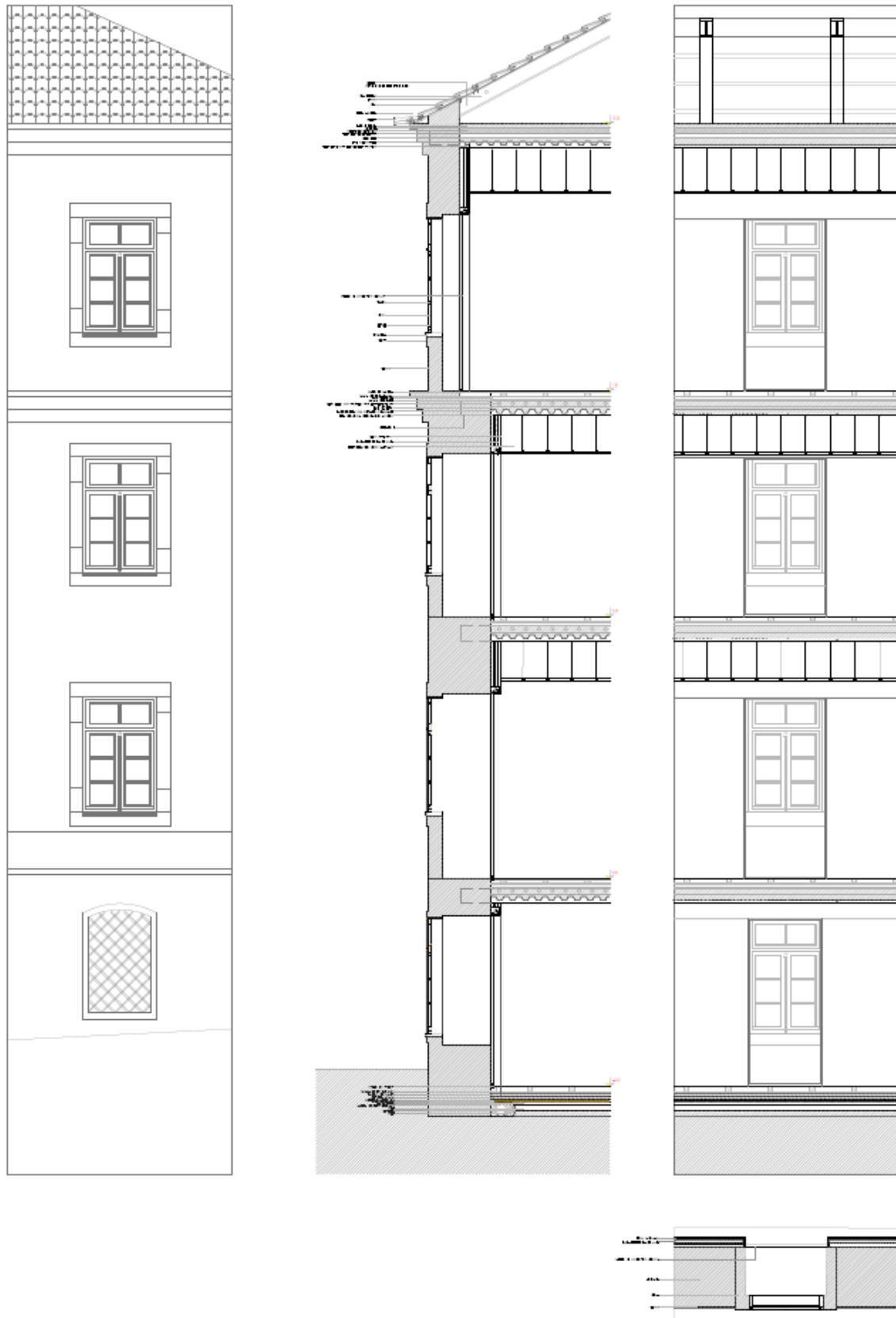


Fig. 26 – Pormenor construtivo da fachada tipo (sem escala)

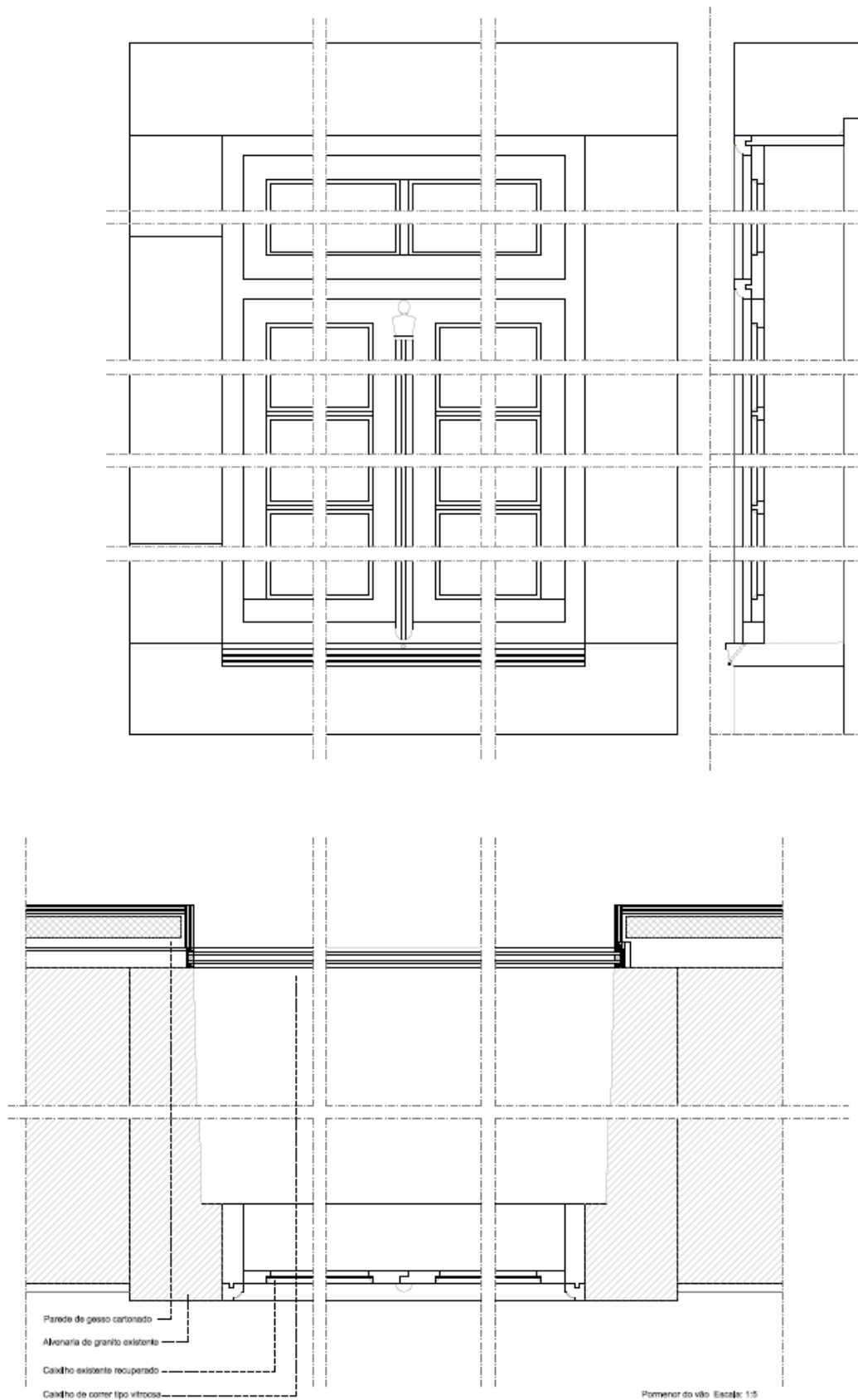


Fig. 27 – Pormenor do vão (sem escala)

Capítulo VI, Considerações finais

Considerações finais

É um facto que em Portugal os edifícios apresentam deficiências, no que diz respeito ao comportamento do conforto térmico, pois muitos dos edifícios não se encontram preparados para conservar energias compatíveis com a necessidade de contenção de consumos, o que pode acontecer por duas razões: primeiro, porque só há poucos anos é que a construção de edifícios começou a revelar preocupações com esta questão; e, em segundo, porque Portugal é reconhecido como um país de clima brando, onde o conforto térmico estava assegurado pela amenidade do próprio clima.

Através da observação dos edifícios antigos, é possível constatar que no verão se verifica uma resposta satisfatória do conforto térmico, pois as suas paredes exteriores têm uma elevada espessura, havendo assim uma elevada inércia térmica. Por outro lado, no inverno, o conforto térmico é raramente assegurado, pois não se verificou algum tipo de sistema que permitisse a retenção de calor no interior das habitações. Contudo, é possível obter uma melhoria das condições térmicas neste tipo de edifícios, através da intervenção nos elementos construtivos envolventes, nomeadamente, nas paredes exteriores, nas próprias caixilharias e também nas suas coberturas.

Ao longo deste trabalho foram analisados vários métodos de intervenção, sendo que no caso específico deste projeto, optou-se por intervir sempre pelo interior do edifício por duas razões: por ser possível obter o conforto térmico desejado para um edifício e por ser possível preservar todos elementos que caracterizam o edifício do Governo Civil. Assim, não sendo necessário intervir no exterior, garantiu-se a manutenção da imagem original da fachada. Concluindo, hoje em dia, o conforto térmico é uma prioridade pelo incremento na qualidade de vida da sociedade moderna, que obriga a um consumo de energia maior, mas que se pretende com custos mais baixos.

Referencias Bibliografia

ABRANTES, Vítor; FREITAS, Vasco Peixoto de – O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios face ao Regulamento (RCCTE). Edição Dow

ANDRAD, Hugo Miguel Castro; Caracterização de Edifícios Antigos. Edifícios “Gaioleiros”, Dissertação de Mestrado, Orientador Científico: Professor Doutor Fernando F.S. Pinho, Coorientador Científico: Professor Doutor Válder José da Guia Lúcio; Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011

APPLETON, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. (1º ed.). Amadora: Edições Orion.

Carta de Cracóvia de 2000

CARVALHO, Cristina Isabel Pinto. Reabilitação Energética: Propostas para melhoria do desempenho térmico dos elementos construtivos na envolvente do edifício corrente do final do século XIX e do século XX, Prova Final para Licenciatura em Arquitectura, Orientador da Prova: Arquitecto Nuno Valentim Lopes, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Porto

GONÇALVES, H. & Graça, J. M. (2004) Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. (DGGE / IP-3E) Lisboa.

JERÓNIMO, Rui Miguel Sendas, Avaliação do Desempenho Hidrotérmico e do Conforto de edifícios Rurais Reabilitados, Orientador: Professor Doutor Vasco Peixoto de Freitas, CO – Orientador: Professor Doutor Romeu da Silva Vicente e Professora Doutora Isabel Cristina da Silva Martins Ribeiro, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2014,

MASCARENHAS, Jorge – Coleção Sistemas de Construção II – Paredes: Paredes Exteriores, (1º parte). Edição: Livros Horizontes

MASCARENHAS, Jorge – Coleção Sistemas de Construção III – Paredes: Paredes Exteriores, (2º parte) e Materiais Básicos (1º parte). Edição: Livros Horizontes

MASCARENHAS, Jorge – Coleção Sistemas de Construção IV – Coberturas Inclínadas. Edição: Livros Horizontes

MASCARENHAS, Jorge – Coleção Sistemas de Construção VII – Coberturas Inclínadas (2º parte). Edição: Livros Horizontes

OLIVEIRA, Nuno Filipe Marques, Teoria e Prática de Técnicas de Construção e Conservação de coberturas do Séc. XVIII: Evolução Historia, tratadística do Séc. XVIII, Diagnostico de Anomalias e Restauro Estrutural, Dissertação de Mestrado; Orientadora: Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa Co-orientador: Professor Doutor Nuno Dourado; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Vila Real, 2009

PINA DOS SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís – Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios. Soluções construtivas de edifícios antigos. Soluções construtivas das Regiões autónomas. ITE 50. Lisboa, LNEC, 2009 (6º Edição)

PINA DOS SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís – Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios. Versão atualizada 2006. ITE 50. Lisboa, LNEC, 2008 (18º edição)

PEREIRA, Ana Rita Rodrigues, Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos – Organização de um Sistema de Informação Transversal de um Sistema de Informação Transversal a Todo o Processo, Dissertação de Mestrado,

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013

TAVARES, Alice; Costa, Aníbal e Varum, Humberto, Manual de Reabilitação e Manutenção de edifícios – Guia de Intervenção – Guia de Intervenção, Aveiro: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2011

Vários coordenados por Vasco Peixoto de Freitas, “Manual de Apoio ao projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos, Região Norte.z

SILVA, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 2006

Índice de Imagens

Fig. 1 - Edifício do Governo Civil

Fonte: <http://portoarc.blogspot.pt/2015/05/outros-edificios-publicos-xi.html>22

Fig. 2 - Mecanismo de transmissão de calor em edifícios

Fonte: Silva, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 2006.....29

Fig. 3 - Balanço energético num edifício no período de verão e de inverno

Fonte: Silva, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 200631

Fig. 4 - Ventilação nos edifícios

Fonte: Silva, Pedro Correia Pereira da, Análise do comportamento térmico construções não convencionais através de simulação em VisualDOE, Orientador: Professor Luís Manuel Bragança de Miranda e Lopes; Professora Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, Universidade do Minho escola de engenharia, 200633

Fig. 5 - Cobertura com asna simples de duas vertentes

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....37

Fig. 6 - Coberturas de águas múltiplas

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....37

Fig. 7 - Pormenores e vistas gerais da cobertura com Recurso a ligações metálicas.

Fonte:A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....38

Fig. 8 - Composição de uma estrutura de cobertura

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....38

Fig. 9 - Reforço de isolamento térmico de coberturas ao nível dos tetos falso. A) Mantas de isolamento sobre teto existente; B) Isolantes a granel sobre teto existente; c) Teto isolante novo.

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....42

Fig. 10 - Reforço de isolamento térmico de coberturas ao nível dos forros.

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....42

Fig. 11 - Paredes resistentes de alvenaria simples, que por vezes englobando vários materiais.

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....45

Fig. 12 - Modelo de comportamento estático de parede de alvenaria

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....47

Fig. 13 - Modelo de comportamento de parede de alvenaria, em relação à humidade.

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....47

Fig. 14 - Montagem de blocos, com junta Desfasada

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....48

Fig. 15 - Blocos de pedra de boa qualidade e com perpianhos, em cunhal

Fonte: A2P Consult Lda. Lisboa, HCI (Apêndice A).....48

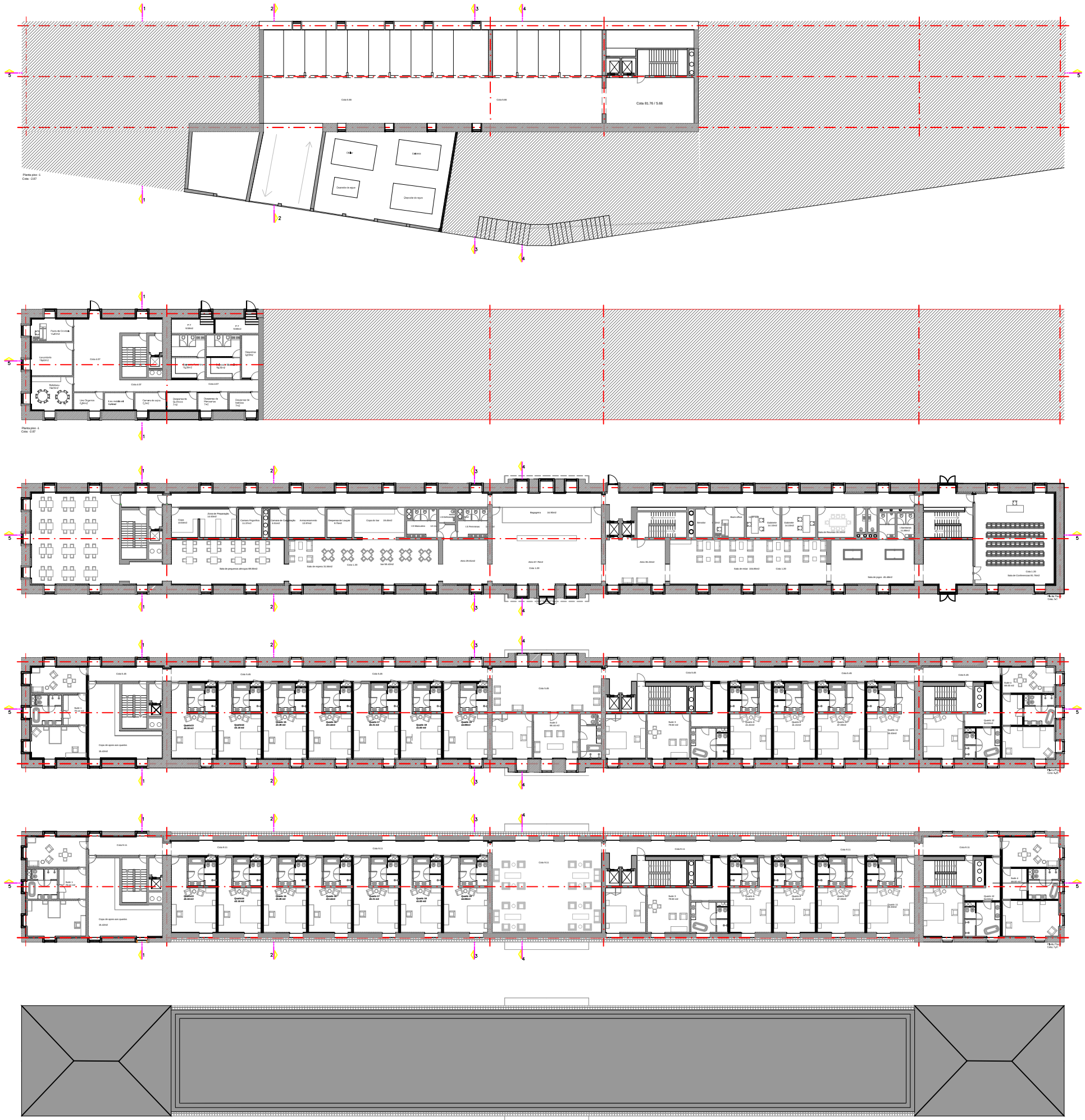
Fig. 16 - Reforço de isolamento térmico de paredes, pelo interior e pelo exterior

Fonte: Elaborada pelo Autor51

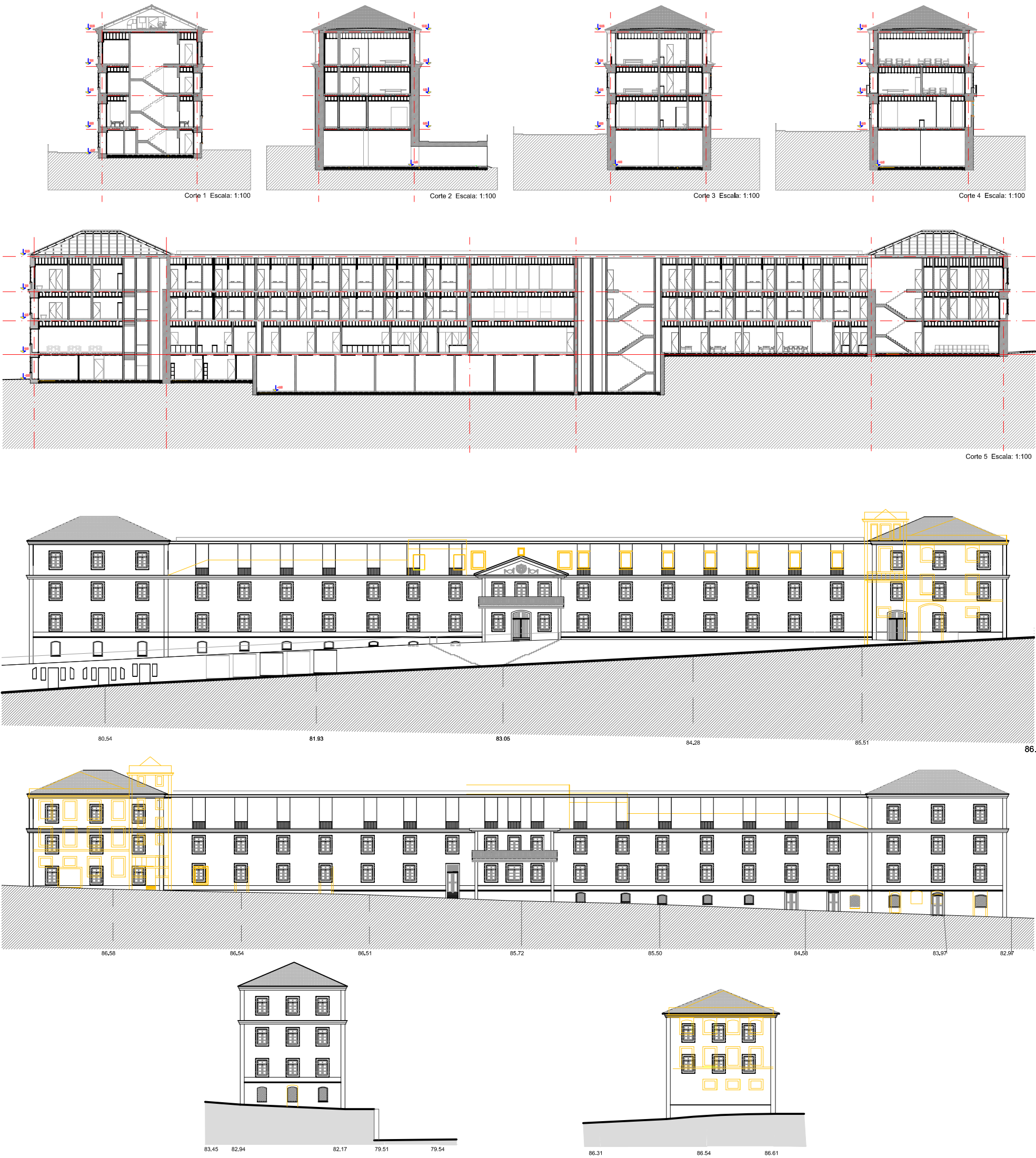
Fig. 17 – Janela de duas folhas de abrir e janela de guilhotina	
Fonte: https://www.google.pt/maps/	52
Fig. 18 - Planta de implantação (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	61
Fig. 19 - Alçados do edifício Antigo Governo Civil (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	62
Fig. 20 - Vários plantas de alçados do edifício Governo Civil	
Fonte: http://www.monumentos.pt/site/app_pagesuser/SIPAArchives.aspx?id=092910cf-8eaa-4aa2-96d9-994cc361eaf1	63
Fig. 21 - Alçados da proposta de intervenção (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	64
Fig. 22 - Planta da garagem e do piso-1 (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	66
Fig. 23 - Plantas do piso 0, 1, 2 e cobertura (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	67
Fig. 24 - Planta e corte do quarto tipo (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	70
Fig. 25 - Pormenor construtivo da fachada tipo (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	71
Fig. 26 - Pormenor construtivo da fachada tipo (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	72
Fig. 27 - Pormenor do vão (sem escala)	
Fonte: Elaborada pelo Autor.....	73

Índice de Anexos

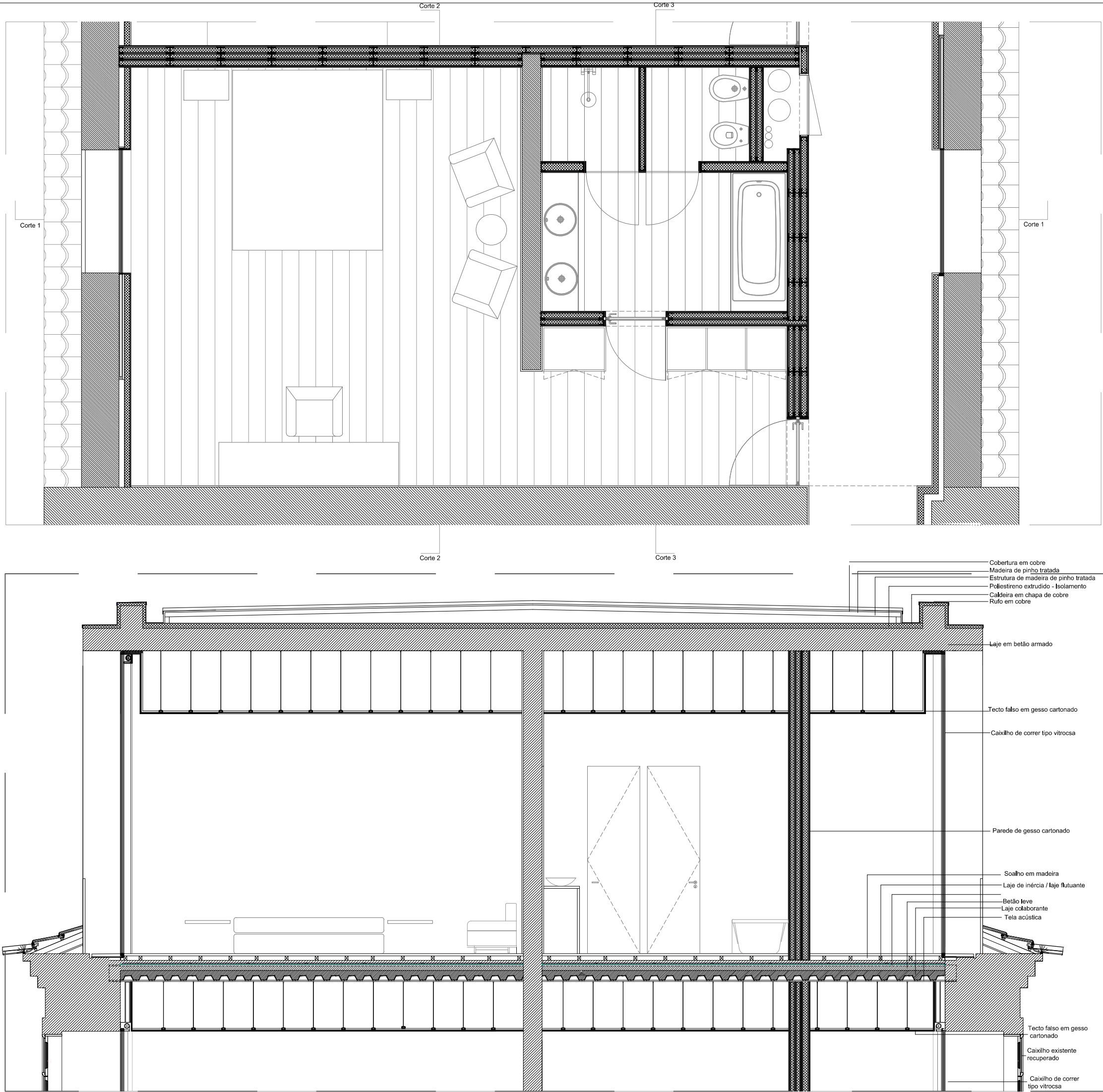
Anexos 1 – Plantas de todos os pisos do Edifício Governo Civil	
Escala 1:500.....	84
Anexos 2 – Cortes e Alçados do Edifício Governo Civil	
Escala 1:500.....	85
Anexos 3 – Quarto Tipo do Edifício Governo Civil	
Escala 1:50.....	86
Anexos 4 – Corte da Fachada Tipo do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	87
Anexos 5 – Pormenor da Fachada Tipo pelo Exterior do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	88
Anexos 6 – Pormenor da Fachada Tipo pelo Interior do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	89
Anexos 7 – Corte da Fachada Tipo do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	90
Anexos 8 – Pormenor da Fachada Tipo pelo Exterior do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	91
Anexos 9 – Pormenor da Fachada Tipo pelo Interior do Edifício Governo Civil	
Escala 1:20.....	92
Anexos 10 – Pormenor do Vão do Edifício Governo Civil	
Escala 1:10.....	93



Célia Pinto de Oliveira	nº21003786	85
Universidade Lusófona do Porto	31.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Pantas de todos os pisos	esc.1/500	ANEXO 1

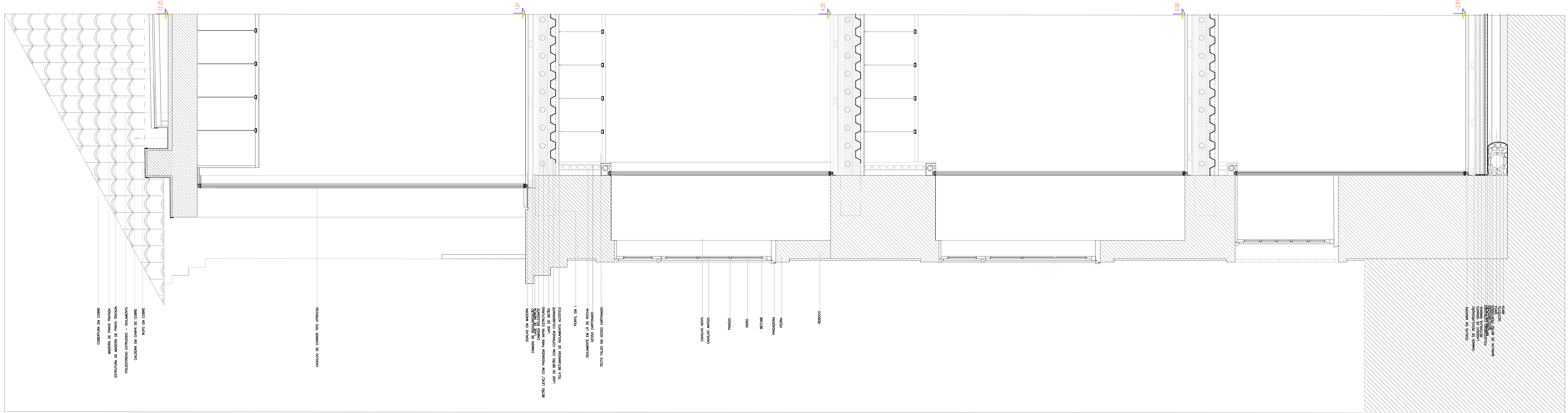
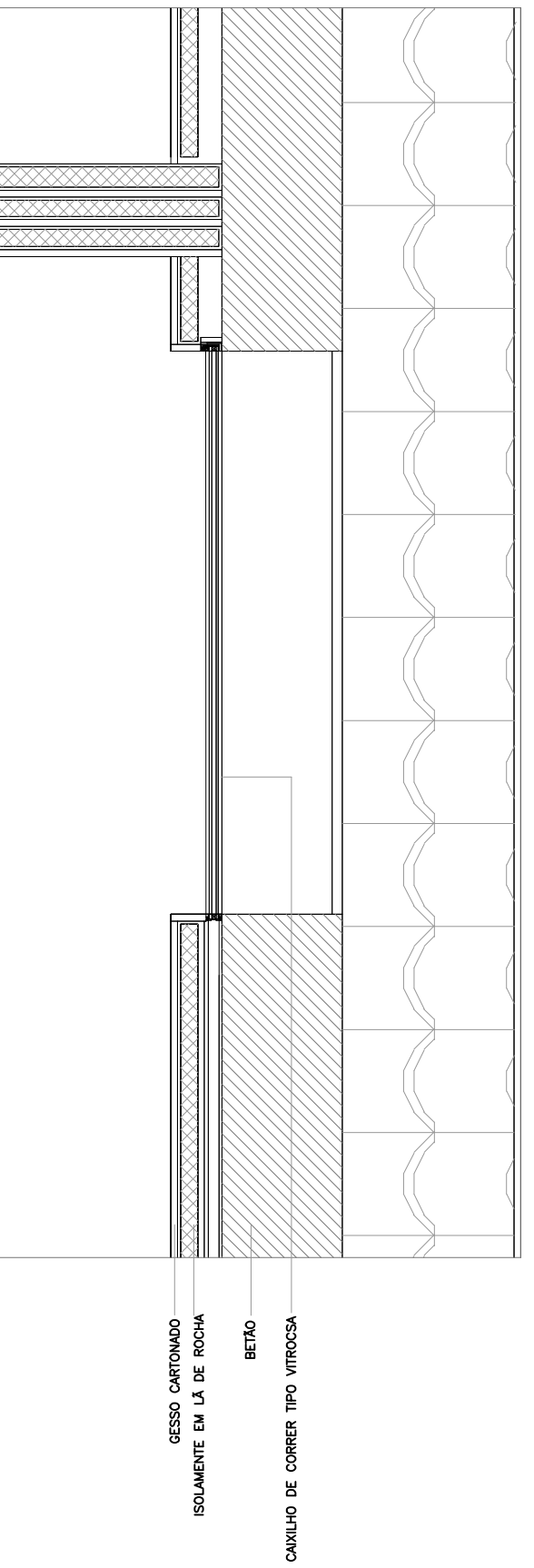


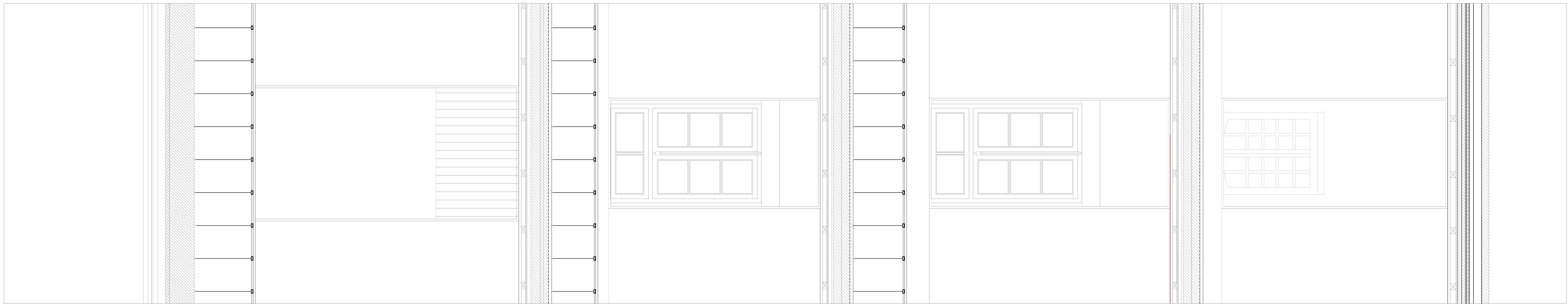
Célia Pinto de Oliveira	nº21003786	86
Universidade Lusófona do Porto	31.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Cortes e Alçados	esc.1/500	
		ANEXO 2



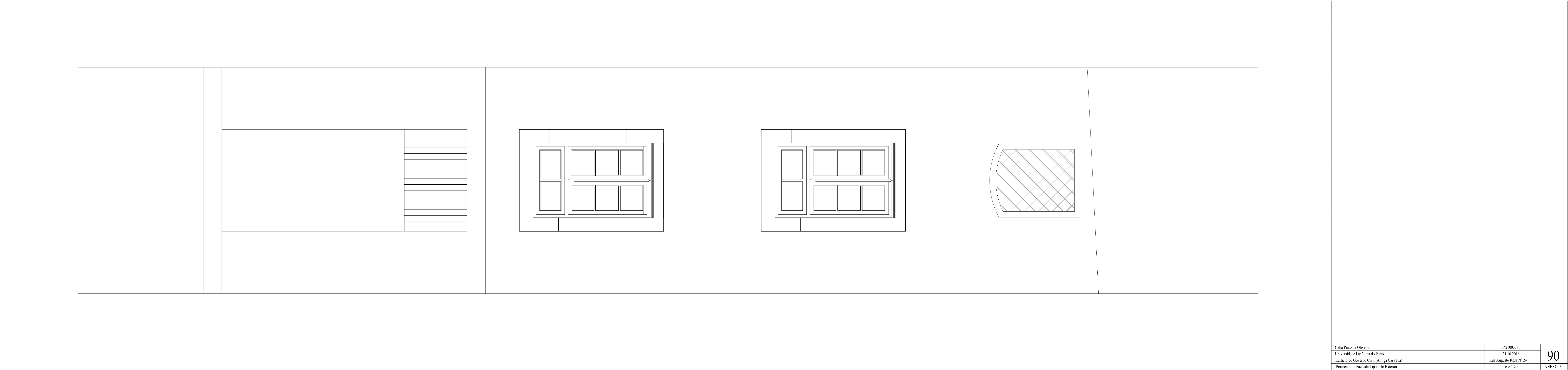
Célia Pinto de Oliveira	nº21003786	87
Universidade Lusófona do Porto	31.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Pormenor Quarto-Tipo	esc.1/50	ANEXO 3

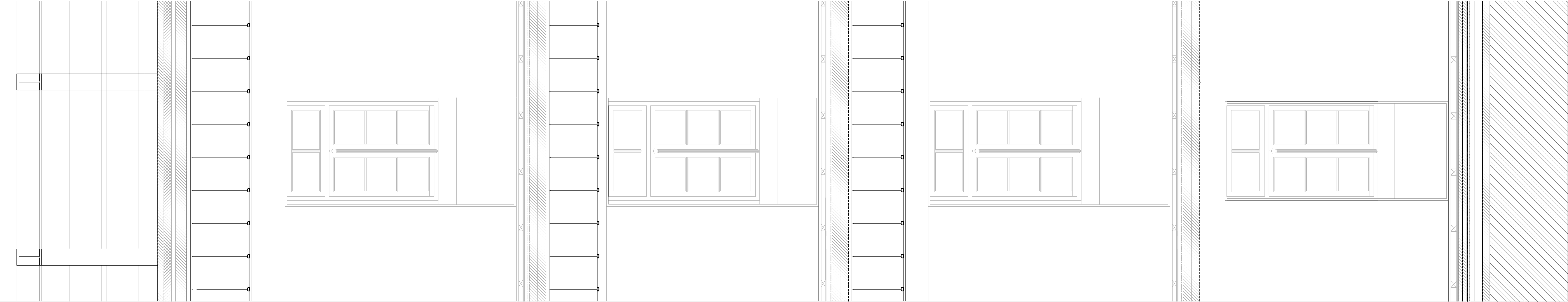
Cello Preto de Oliveira	nº 1003786	88
Universidade Lusófona do Porto	11.03.2016	
Edifício do Gerente Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Corte da Fachada Tipo	esc. 1/20	ANEXO 4



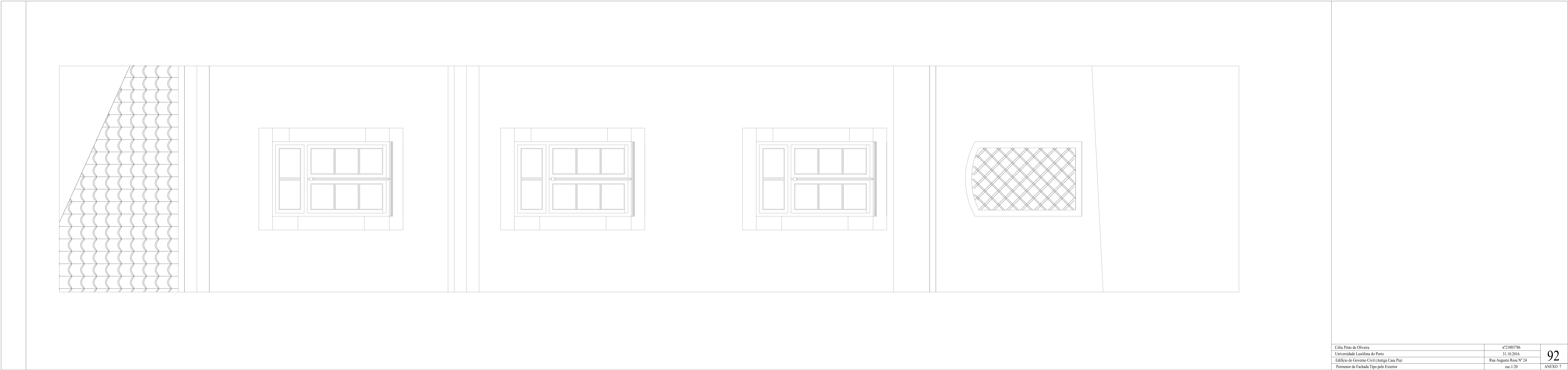


Cópia Preto de Oliveira	nº71000736	89
Universidade Lusófona do Porto	11.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Piai)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Permeio da Fachada tipo pelo interior	esc. 1:20	ANEXO 5



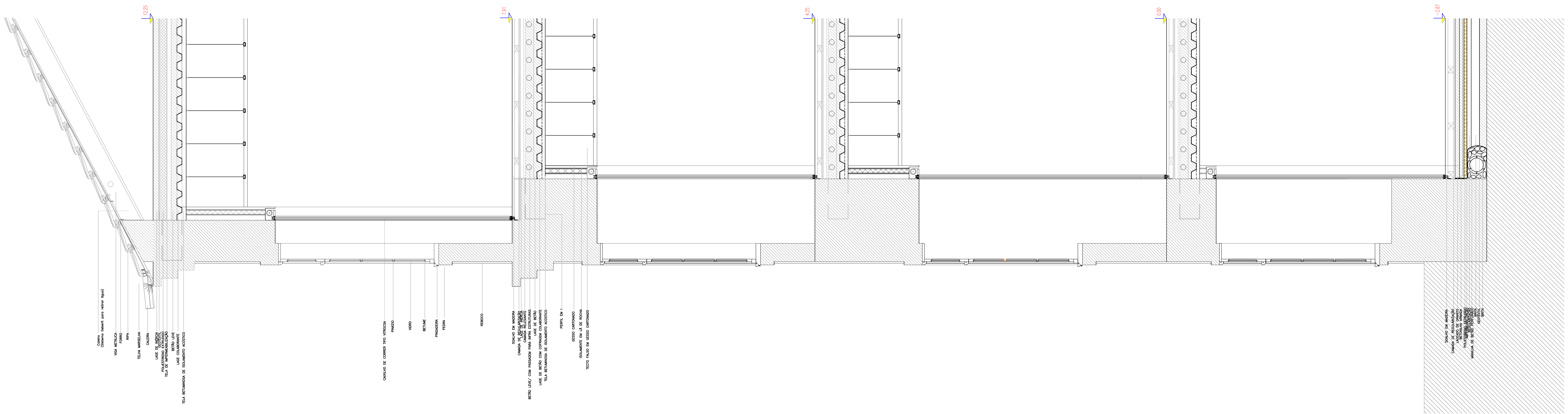
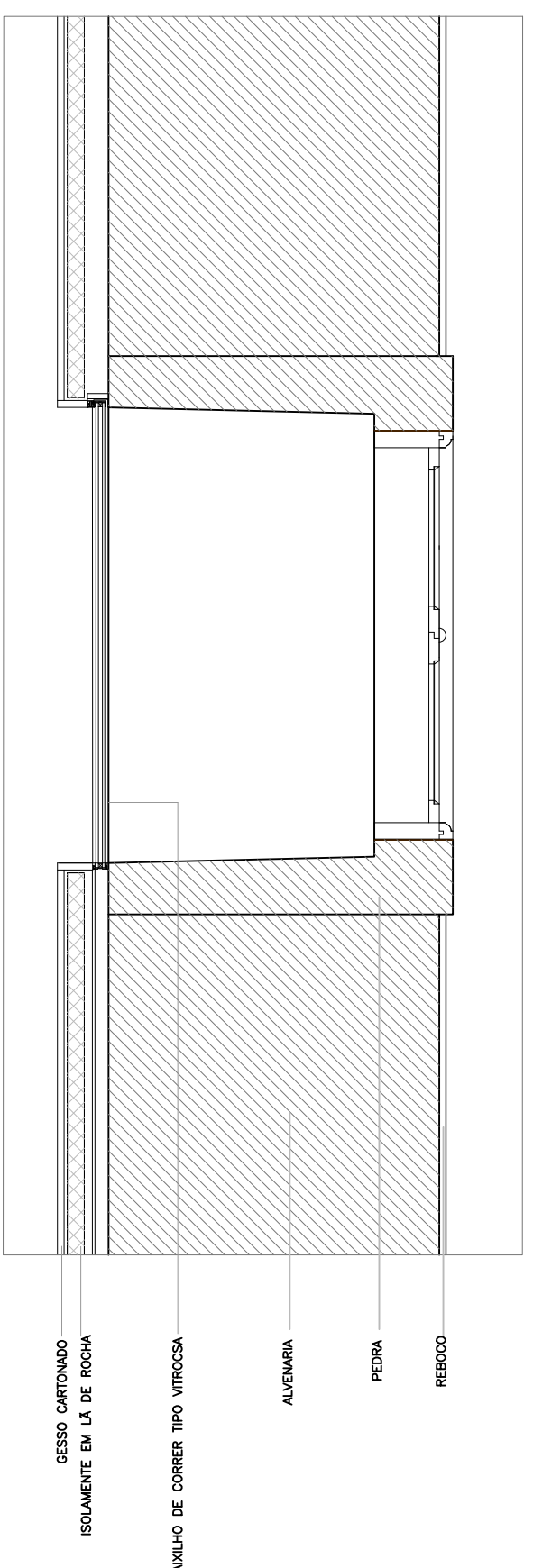


Cópia Preto de Offprints	nº71000736	91
Universidade Lusófona do Porto	11.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Piai)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Perimeter da Fachada tipo pelo interior	esc. 1:20	ANEXO 8



Cópia Preto de Oliveira	nº71000736	92
Universidade Lusófona do Porto	11.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pá)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Perimeter da Fachada Tipo pelo Exterior	esc. 1:20	ANEXO 7

Célia Pinto de Oliveira	nº21003786	93
Universidade Lusófona do Porto	31.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Corte da Fachada Tipo	esc.1/20	
		ANEXO 6



Célia Pinto de Oliveira	nº21003786	94
Universidade Lusófona do Porto	31.10.2016	
Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia)	Rua Augusto Rosa Nº 24	
Pormenor do vão	esc.1/10	
		ANEXO 9

