

FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA NA CIDADE CONSOLIDADA:

Aplicação de boas práticas construtivas na intervenção do
Hospital Santo António dos Capuchos para Escola Informal

Pedro Guilherme Mateus Ferreira
(Licenciado em Estudos Arquitectónicos)

Júri:

Presidente: Professora Doutora **Maria Soledade Gomez Paiva de Sousa**

Arguente: Professor Doutor **Paulo Manuel dos Santos Pereira de Almeida**

Orientador Científico: Professor Doutor **Hugo José Abranches Teixeira Lopes Farias**

Co-Orientador Científico: Mestre Arquitecto **Luís Filipe Viseu Calixto**

Dissertação/Projecto para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura

Projecto Final de Mestrado

Lisboa, FAUTL, 08 de Fevereiro de 2013

Título da Dissertação: ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA NA CIDADE CONSOLIDADA: Aplicação de boas práticas construtivas na intervenção do Hospital Santo António dos Capuchos para Escola Informal

Nome do Aluno: Pedro Guilherme Mateus Ferreira

Orientador: Professor Doutor Hugo José Abranches Teixeira Lopes Farias

Co-orientador: Mestre Arquitecto Luís Filipe Viseu Calixto

Mestrado: Mestrado Integrado em Arquitectura

Data: 8 de Fevereiro de 2013

RESUMO

No último século ocorreram grandes alterações na forma como o Homem habita e como gere os recursos do planeta para o seu conforto. O consumo de energia tem vindo a crescer exponencialmente, aumentando a pressão e o impacto sobre o meio ambiente. Hoje, as alterações climáticas constituem uma preocupação à escala global, representando uma ameaça à integridade dos ecossistemas. Para mitigar as consequências destas alterações, torna-se urgente que o Homem actue rapidamente, através da mudança de hábitos de consumo e de ideologias. A arquitectura e a construção deverão adaptar-se a esta nova realidade, sendo este momento, para além de um desafio, uma oportunidade para o sector.

A presente dissertação aborda os problemas ambientais e as fracas condições ambientais interiores, hoje bem evidentes no edificado português. Estuda ainda a forma como se pode reduzir, através de boas práticas construtivas, o impacto que os edifícios têm durante todo o seu ciclo de vida no meio ambiente. Desta forma, pretende-se sensibilizar o leitor para esta problemática e, ao mesmo tempo, definir algumas estratégias e considerações para a abordagem arquitectónica e construtiva.

O trabalho final de mestrado é constituído pela presente dissertação e um trabalho prático. Este último, corresponde ao projecto de intervenção do Hospital de Santo António dos Capuchos, em Lisboa, para Escola Informal. A opção de intervir no existente torna-se pretinente dada a actual crise do parque edificado português (excesso de construção nova para a procura existente) e demonstra que, embora haja condicionantes, é possível melhorar significativamente o desempenho energético de edifícios já existentes.

Palavras-chave: Arquitectura Bioclimática; Intervenção Sustentável; Hospital Santo António dos Capuchos.

Dissertation Title: BIOCLIMATIC ARCHITECTURE IN THE CONSOLIDATED CITY: good constructive methods in the intervention of the Santo António dos Capuchos Hospital to an Informal School

Student's Name: Pedro Guilherme Mateus Ferreira

Orientation: PHD Professor Hugo José Abranches Teixeira Lopes Farias

Co-orientation: Master Architect Luís Filipe Viseu Calixto

Masters: Integrated Master's Degree in Architecture

Date: February 8, 2013

ABSTRACT

During the last century major changes occurred in the way humans inhabit and how they manage the planet's resources for their comfort. Energy consumption has been growing exponentially, increasing the pressure and the impact on the environment. Today, climate change is a global concern, posing a threat to the integrity of ecosystems. To mitigate the consequences of these changes, it is urgent that Man acts quickly by changing consumer habits and ideologies. Architecture and construction must adapt to this new reality, being this moment, apart from a challenge, an opportunity for the sector.

This dissertation addresses the environmental problems and poor indoor conditions, well evident in portuguese buildings. Also considering how it is possible to reduce, through good construction practices, the impact that buildings have, throughout their life cycle, on the environment. Thus, the thesis intends to sensitize the reader to this problem and, at the same time, define some strategies and considerations regarding the architectural and constructive approach.

The Masters final work consists of this thesis and an architectural project. The latter corresponds to the intervention project of Santo António dos Capuchos Hospital into an Informal School. The option to intervene in an existing building was taken given the current crisis in the Portuguese building stock (excess of new construction for the existing demand) and because there is the objective to show that although there are many constraints, it is possible to significantly improve the energy performance of these buildings.

key-words: Bioclimatic Architecture; Sustainable intervention; Santo António dos Capuchos Hospital.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, ao meu irmão e à Filipa pela motivação, pelo apoio e pelo carinho.

À minha família pelas lições de vida e pela companhia.

Aos meus amigos pelo companheirismo e pelos bons momentos.

Ao professor Hugo Farias e ao Arquitecto Luís Calixto pela orientação.

ÍNDICE

RESUMO	I
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE TABELAS	XII
ABREVIATURAS E SIGLAS	XIII
INTRODUÇÃO	01
PI. ENQUADRAMENTO	
1. O problema energético	
1.1 Mudanças climáticas.....	05
1.2 Consciência do problema energético	08
1.3 Evolução do consumo energético em Portugal	13
1.4 Peso da arquitectura no consumo energético	18
2. O problema do parque edificado	
2.1 Excesso de oferta	21
2.2 Impacto dos edifícios devolutos	22
2.3 Incentivo à reabilitação	23
PII. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	
3. Desenho verde	
3.1 Princípios Bioclimáticos	26
3.2 Abordagem arquitectónica	27
4. Opções iniciais de projecto	
4.1 Importância da equipa projectista.....	29
4.2 Boas práticas da arquitectura vernacular	31
4.2.1. Arquitectura vernacular em climas frios	31
4.2.2. Arquitectura vernacular em climas quentes	33
4.3 Orientação	36
4.3.1. Orientação dos envidraçados.....	38
4.4 Envidraçados.....	39
4.4.1. Características dos envidraçados	40
4.5 Materialidade	43
4.6 Isolantes térmicos.....	43
4.7 Inércia térmica.....	46

4.8	Coloração	46
4.9	Impacto dos materiais	47
5.	Arquitectura Bioclimática: Sistemas passivos	
5.1	Categorização dos sistemas passivos.....	48
5.2	Sistemas de aquecimento passivo	49
5.2.1.	Ganhos directos	49
5.2.2.	Ganhos indirectos	51
5.2.2.1.	Paredes de Trombe	51
5.2.2.1.1.	Parede acumuladora	52
5.2.2.1.2.	Parede dinâmica.....	54
5.2.2.1.3.	Parede de Trombe.....	54
5.2.2.1.4.	Parede de água	56
5.2.3.	Ganhos Isolados	57
5.2.3.1.	Estufas	57
5.2.3.1.1.	Estufa adossada	57
5.2.3.1.2.	Estufa integrada	58
5.2.3.1.3.	Estufa fechada.....	58
5.2.3.2.	Termosifão	58
5.3	Sistemas de arrefecimento passivo	60
5.3.1.	Perdas directas.....	60
5.3.1.1.	Elementos de sombreamento.....	60
5.3.1.1.1.	Elementos de sombreamento interiores	61
5.3.1.1.2.	Elementos de sombreamento exteriores.....	61
5.3.1.1.3.	Elementos de sombreamento fixoz	62
5.3.1.1.4.	Elementos de sombreamentos móveis.....	62
5.3.1.2.	Ventilação natural.....	64
5.3.1.2.1.	Ventilação unilateral	64
5.3.1.2.2.	Ventilação cruzada	65
5.3.1.2.3.	Ventilação induzida	65
5.3.1.2.4.	Câmara solar ou chaminé solar e aspirador estático	67
5.3.1.2.5.	Torre de vento.....	67
5.3.1.3.	Construções enterradas	69
5.3.1.4.	Arrefecimento evaporativo.....	69
5.3.2.	Perdas indirectas.....	71
5.3.2.1.	Arrefecimento por radiação nocturna	71
5.3.2.2.	Arrefecimento por ventilação nocturna.....	71
5.3.3.	Perdas isoladas.....	71
5.4	Sistemas avançados de iluminação passiva.....	73
5.4.1.	Sistemas de reflexão e redireccionamento de luz	73
5.4.1.1.	Prateleiras e lamelas reflectoras.....	73
5.4.1.2.	Vidro de redireccionamento de luz.....	75
5.4.2.	Sistemas de canalização de luz	75
5.4.2.1.	Chaminés de luz	75
5.4.2.2.	Túneis de luz.....	77
5.4.2.3.	Helióstatos	77
5.4.2.4.	Fibras ópticas	79
6.	Arquitectura Bioclimática: Microgeração de energia	
6.1	Nota introdutória.....	81
6.1.1.	Colectores solares	81
6.1.2.	Painéis fotovoltaicos	82
6.1.3.	Aerogeradores.....	83

PIII. CASOS DE ESTUDO**7. Torre Verde**

7.1	Enquadramento	86
7.2	Contexto Climático	88
7.3	Estratégias Bioclimáticas	88
7.4	Resultados	92

8. Casa da memória

8.1	Enquadramento	93
8.2	Contexto climático	95
8.3	Estratégias Bioclimáticas	95

PIV. SANTO ANTÓNIOS DOS CAPUCHOS**9. Lugar**

9.1	Encerramento dos Hospitais da Colina de Sant'Ana	100
9.2	Enquadramento	100
9.3	Contexto histórico da Colina de Sant'Ana	102
9.4	Contexto histórico do Hospital Santo António dos Capuchos	102

10. Escola Informal Santo António dos Capuchos

10.1	Estratégia	106
10.2	Estratégias bioclimáticas aplicadas no espaço público	111
10.3	Estratégias bioclimáticas na EISAC	115

CONCLUSÃO	121
------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	123
---------------------------	------------

ANEXO A – Clima Português	128
--	------------

ANEXO B – Entrevistas	134
------------------------------------	------------

ANEXO C – Processo de trabalho	136
---	------------

ANEXO D – Peças desenhadas finais	146
--	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Esquema do ciclo inerente às alterações climáticas	7
Figura 02: Diagrama do funcionamento do efeito de estufa.....	7
Figura 03 e 04: Ideias de “desenvolvimento” antes e depois de 1987	11
Figura 05: Fotografia de um edifício totalmente devoluto na Rua de Alcântara, nº31-31D Lisboa, Portugal	24
Figura 06: Os três níveis da arquitectura bioclimática segundo Norbert Lechner	28
Figura 07: Típica cabana alpino, lago O’Hara, Parque Nacional de Yoho, Canada.....	32
Figura 08: Vista aérea da cidade de Ghardaia, Argélia	34
Figura 09: Casa típica Batak, em Tomok, Ilha de Samosir, Indonésia	34
Figura 10: Estereográfico do percurso solar para Lisboa	37
Figura 11: Fotografia de vidro colorido na reabilitação do Teatro Thalia, Lisboa	42
Figura 12: Fotografia de película reflectora do pavilhão de Portugal para a EXPO98, Lisboa	42
Figura 13: Fotografia de vidro serigrafado no Altis Belém Hotel & Spa, Lisboa.....	42
Figura 14: Fotografia de caixilho de madeira na reabilitação da Escola Francisco de Arruda, Lisboa	42
Figura 15: Esquema de sistema de aquecimento passivo por ganho directo	50
Figura 16: Fotografia do interior de uma das casas em Santa Isabel, Lisboa	50
Figura 17: Imagem da radiação Infravermelha de uma parede acumuladora às 20h.....	53
Figura 18: Esquema faseado (dia, intervalo de tempo e noite) do funcionamento de uma parede acumuladora	53
Figura 19: Fotografia de uma parede acumuladora vista pelo interior no edifício Torre Verde	53
Figura 20: Esquema do funcionamento de uma parede dinâmica	55
Figura 21: Esquema do funcionamento de uma parede de Trombe (durante um dia de Inverno)	55
Figura 22: Fotografia de uma parede de Trombe Casa Schäffer, Porto Santo. Arquitecto Günther Ludwig	55
Figura 23: Fotografia durante o Inverno da Casa Vale Rosal, Charneca da Caparica.....	59
Figura 24: Fotografia durante o Verão da Casa Vale Rosal, Charneca da Caparica (sebe utilizada como e.s.)	59
Figura 25: Esquema das possíveis relações entre uma estufa e um edifício.....	59
Figura 26: Fotografia de telas de sombreamento interno na Cantina do Pólo Universitário da Ajuda, Lisboa	63
Figura 27: Fotografia de peças cerâmicas na fachada do edifício de expansão do Oceanário, Lisboa.....	63
Figura 28: Fotografia da arcada nascente da Praça do Comércio, Lisboa	63
Figura 29: Fotografia das portadas do Altis Belém Hotel & Spa, Lisboa	63
Figura 30: Esquema do funcionamento da ventilação unilateral.....	66
Figura 31: Esquema do funcionamento da ventilação unilateral com barreiras	66
Figura 32: Esquema do funcionamento da ventilação cruzada entre fachadas adjacentes	66
Figura 33: Esquema do funcionamento da ventilação cruzada entre fachadas opostas	66
Figura 34: Esquema do funcionamento da ventilação induzida	66
Figura 35: Esquema do funcionamento da ventilação induzida com chaminé solar	68
Figura 36: Esquema do funcionamento da ventilação induzida com aspirador estático.....	68
Figura 37: Esquema do funcionamento da ventilação por uma torre de vento	68
Figura 38: Fotografia de espelho de água vulcões de água utilizados no Parque das Nações, Lisboa	70
Figura 39: Fotografia da fonte do jardim d’Água no Parque das Nações, Lisboa.....	70
Figura 40: Esquema do funcionamento do arrefecimento por radiação nocturna durante o dia	72

Figura 41: Esquema do funcionamento do arrefecimento por radiação nocturna durante a noite	72
Figura 42: Esquema do funcionamento do arrefecimento geotérmico	72
Figura 43: Esquema do funcionamento de uma prateleira reflectora	74
Figura 44: Esquema do aumento da área com boas condições lumínicas devido ao uso de uma prateleira reflectora	74
Figura 45: Esquema do funcionamento de um vidro redireccionador de luz	76
Figura 46: Esquema do funcionamento de uma chaminé de luz	76
Figura 47: Fotografia de dois colectores de chaminés de luz do Museu da Luz, Aldeia da Luz	76
Figura 48: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando túneis de luz	78
Figura 49: Fotografia de um túnel de luz de secção circular	78
Figura 50: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando helióstatos	78
Figura 51: Fotografia do pátio interior do edifício corporativo de Morgan, Lewis & Brockius, Washington DC	78
Figura 52: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando cabos de fibra óptica	80
Figura 53: Fot. do interior do Museu Técnico de Malmö iluminado por luz natural através de cabos de fibra óptica	80
Figura 54: Lista de características da fonte de energia ideal	83
Figura 55: Esquema do funcionamento de um sistema de produção de energia térmica por colectores solares	84
Figura 56: Esq. do funcionamento de um sistema de produção de energia eléctrica por painéis FV ou aerogeradores	84
Figura 57: Fotografia aérea da <i>Torre Verde</i>	87
Figura 58: Fotografia do alçado Sul da <i>Torre Verde</i>	87
Figura 59: Esquema da implantação da <i>Torre Verde</i> em relação ao lote	89
Figura 60: Esquema da organização espacial dos apartamentos dos pisos 3 a 9 na <i>Torre Verde</i>	89
Figura 61: Fotografia dos estores de lâminas, sistema utilizado na maioria dos envidraçados da <i>Torre Verde</i>	91
Figura 62: Fotografia de colectores solares colocados no terraço da <i>Torre Verde</i>	91
Figura 63: Fotografia aérea da antiga fábrica de plásticas Pátria	94
Figura 64: Fotografia da fachada principal da antiga fábrica de plásticas Pátria	94
Figura 65: Fotografia da fachada principal da Casa da Memória	94
Figura 66: Fotografia do novo percurso pedonal: a Rua da Pátria	96
Figura 67: Fotografia do novo espaço público e da <i>Casa da Memória</i>	96
Figura 68: Fotografia do espaço expositivo Sul da <i>Casa da Memória</i>	98
Figura 69: Fotografia do espaço expositivo Nascente da <i>Casa da Memória</i>	98
Figura 70: Premissas orientadoras para as intervenções nos cinco hospitais da Colina de Sant'Ana	101
Figura 71: Fotografia do espaço expositivo Nascente da <i>Casa da Memória</i>	101
Figura 72: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1785, por Franc D. Milient	103
Figura 73: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1831, por Duarte José Fava	103
Figura 74: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1850, por Filipe Folque	103
Figura 75: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1911, por Silva Pinto	103
Figura 76: Fotografia actual do claustro do Hospital Santo António dos Capuchos	105
Figura 77: Fotografia actual da igreja do Hospital Santo António dos Capuchos	105
Figura 78: Fotografia actual da sala do capítulo do Hospital Santo António dos Capuchos	105
Figura 79: Fotografia actual da cisterna do Hospital Santo António dos Capuchos	105
Figura 80: Fotografia de uma maquete de estudo da EISAC	107
Figura 81: Esquema sobre a metáfora da acrópole	112

Figura 82: Esquema sobre o sistema de vistas.....	112
Figura 83: Esquema dos percursos de luz e sombra	112
Figura 84: Esquema sobre a presença da água	112
Figura 85: Reaproveitamento de telhas para pavimento em Zhujiacao, Shanghai	114
Figura 86: Reaproveitamento de tijolos maciços para pavimento	114
Figura 87: Fotografia de uma maquete de estudo da EISAC	116
Figura 88: Esquema com as orientações das divisões do piso térreo da EISAC	116
Figura 89: Fotografia de exemplo de aplicação de tijolos ecológicos	118
Figura 90: Carta de insolação de Lisboa sobre fotografia aérea do local do projecto	120
Figura 91: Carta de exposição eólica de Lisboa sobre fotografia aérea do local do projecto	120
Figura 92: Tipos de clima em Portugal Continental	130
Figura 93 a 95: Mapa das Zonas climáticas I1, I2 e I3, conjugadas com as zonas climáticas V1, V2 e V3.....	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Evolução da concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre.....	7
Gráfico 02: Estimativas da produção mundial de petróleo	9
Gráfico 03: Evolução do consumo global de energia primária por tipo	9
Gráfico 04: Evolução do peso da gasolina no orçamento das famílias dos E.U.A	9
Gráfico 05: Evolução da taxa de dependência energética externa de Portugal.....	14
Gráfico 06: Peso dos produtos energéticos no saldo da Balança Comercial (bens).....	14
Gráfico 07: Evolução do consumo de energia primária por tipo de fonte energética em Portugal (tep)	14
Gráfico 08: Contribuição das energias renováveis para o balanço energético português. (teo – milhares).....	16
Gráfico 09: Produção de energia eléctrica em Portugal a partir de fontes renováveis (%)	16
Gráficos 10 e 11: Segregação por sector do consumo de energia final em Portugal	20
Gráfico 12: Evolução das Reabilitações do edificado e das construções novas em Portugal	24
Gráfico 13: Evolução do impacto das decisões de um arquitecto ao longo da vida de um edifício	30
Gráfico 14: Evolução dos recursos gastos na rectificação de um erro ao longo da vida de um edifício	30
Gráfico 15: Radiação solarmédia incidente em planos verticais para o clima de Lisboa	37
Gráfico 16: Comparação da espessura de diferentes materiais para alcançarem resistências térmicas idênticas	45
Gráfico 17: Painéis fotovoltaicos: evolução dos custos por Watt em relação ao crescimento do mercado	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01: Índice agrupado de atractividade para o investimento em energias renováveis	16
--	----

ABREVIATURAS E SIGLAS

CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
CNUMC	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
CML	Câmara Municipal de Lisboa
ESTT	Escola Superior de Tecnologia de Tomar
EUA	Estados Unidos da América United States of America (USA)
FA	Faculdade de Arquitectura (Universidade Técnica de Lisboa) Faculty of Architecture (Technical University of Lisbon)
GEE	Gases de Efeito Estufa greenhouse gas (GHG)
IAIER	Índice de Atractividade para o Investimento em Energias Renováveis
ISEGI	Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação (Universidade Nova de Lisboa)
IST	Instituto Superior Técnico (Universidade Técnica de Lisboa)
ONU	Organização das Nações Unidas United Nations (UN)
PIMC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
PVC	Policloreto de vinil
Rio 92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992
Rio+10	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 2002
Rio+20	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 2012
UE	União Europeia European Union (EU)

INTRODUÇÃO

Desde o século passado, a população mundial tem vindo a crescer a um ritmo exponencial chegando, em 2011, segundo dados da ONU¹, a sete mil milhões de habitantes. Certos países, hoje denominados como desenvolvidos, registaram avanços tecnológicos que potenciaram novos estilos de vida, assentes, sobretudo, em equipamentos mecânicos. Estes novos estilos de vida fizeram com que o Homem começasse a ocupar grande parte do seu dia dentro de edifícios. Estes factos contribuíram para a criação de uma grande dependência em combustíveis, essencialmente fósseis: os principais produtores de energia, assim como os principais responsáveis pelos problemas ambientais actuais. Com a mediatização do aquecimento global, verificada com o Relatório de Brundland, o Protocolo de Quioto, entre outros, tomou-se consciência da crise ecológica, o que contribuiu para a alteração da ideia de progresso presente até ao final da década de 80. A partir de então, para além dos aspectos sociais e económicos, também os aspectos ambientais se juntaram à ideia de desenvolvimento. A sustentabilidade ambiental, seja em que contexto for, tornou-se numa necessidade real para garantir a integridade do nosso planeta para o futuro.

O parque edificado, durante todo o seu ciclo de vida, é responsável por uma parcela significativa do consumo energético. Desta forma, este é um campo estratégico a actuar, de forma a reduzir a pegada ecológica do Homem.

O objectivo principal deste trabalho consiste no estudo de formas que minimizem o impacto prejudicial que o edificado tem no meio ambiente. Torna-se relevante abordar esta problemática em particular no caso da cidade consolidada, ou seja, na reabilitação e intervenção de edificado existente. Tal facto prende-se, principalmente, com o excesso de construção nova para a procura existente e com a necessidade de melhorar o desempenho energético dos edifícios existentes.

É neste contexto que surge o tema deste trabalho: Arquitectura bioclimática na cidade consolidada. A arquitectura bioclimática caracteriza-se pela integração com a cultura, o local e o clima, verificada também na arquitectura vernacular, com a introdução de novos princípios e materiais, como isolamentos térmicos, janelas duplas, micro-geração de energia, etc..

1 UN NEWS CENTER; *“As world passes 7 billion milestone, UN urges action to meet key challenges”*, 31 de Outubro de 2011. Consultado em 2012 12 25: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=40257#.UNmhfay-1ol>

Desta forma, um edifício bioclimático detém uma maior eficiência energética levando a um menor impacto ambiental. Torna-se pertinente referir que, embora o trabalho reflecta sobre questões globais para garantir um maior aprofundamento do mesmo, este centra-se essencialmente nos países ocidentais desenvolvidos. Desta forma, os temas, quando abordados com mais detalhe, incidem sobre o contexto europeu ou, mais especificamente, no contexto português.

Estruturalmente, a dissertação está dividida em quatro partes. A primeira parte aborda as problemáticas, nomeadamente, as alterações climáticas, assim como uma primeira abordagem à situação do parque edificado em Portugal. Pretende-se, nesta secção, dar um enquadramento histórico, actual e teórico que sirva como base ao resto da dissertação. A segunda parte explora a abordagem arquitectónica aos problemas ambientais. Usa-se como referência a pirâmide das três camadas de Norbert Lechner², sendo elas: as opções iniciais do projecto (ex.: orientação, envidraçados, materialidade), o desenho passivo (ex.: métodos de aquecimento, arrefecimento, iluminação passivos) e os equipamentos mecânicos (ex.: colectores solares, painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas); tem-se como objectivo estudar todas as ferramentas ao dispor do arquitecto para projectar edifícios em sintonia com o ambiente, fazendo referências a exemplos concretos, de edifícios construídos em Lisboa ou noutras cidades portuguesas. A terceira parte corresponde à análise de dois casos de estudo, nomeadamente, o edifício Torre Verde, uma construção de raiz implantada no Parque das Nações em Lisboa, e a Casa da Memória, uma reabilitação bioclimática localizada em Guimarães. Nesta parte, e ao contrário da anterior (que apenas estuda cada estratégia caso a caso), o objectivo consiste na demonstração da conjugação de diferentes medidas bioclimáticas num único projecto. Por fim, a quarta e última parte consiste no enquadramento do trabalho prático, assim como as principais premissas e opções tomadas no projecto de intervenção do Hospital de Santo António dos Capuchos para Escola Informal.

2 Norbert Lechner é professor e arquiteto, especialista em arquitectura bioclimática, com especial ênfase em sistemas solares activos. Lecionou durante 33 anos na Faculdade de Arquitectura, Design, Construção da Universidade Auburn, EUA. Hoje é frequentemente convidado para participar em conferências em todo o mundo, abordando a temática da arquitectura bioclimática.

Para alcançar todos os objectivos propostos, foi-se desenvolvendo, em simultâneo, o trabalho prático e a dissertação. Desta forma, houve influências mútuas, contribuindo para a existência de uma coerência entre ambos. Desenvolveu-se uma metodologia faseada: na primeira fase realizaram-se as análises, inicialmente, pela observação directa e empírica *in situ* e, posteriormente, pela investigação de documentação arquitectónica, geográfica, histórica e social da Colina de Sant'Ana e do Hospital Santo António dos Capuchos. Conjuntamente, esta primeira fase serviu de base à reflexão e sugestão de linhas de desenvolvimento do projecto, assim como o programa do mesmo. O desenvolvimento do projecto foi acompanhado com o estudo da temática apresentada, fazendo com que esta influenciasse todo o processo conceptual. Ocorreu, paralelamente, uma pesquisa sobre projectos de edifícios e espaços públicos procurando referências de arquitectura bioclimática, de requalificações e de intervenções em edifícios conventuais. O acto projectual foi acompanhado, em todo o processo, pelo desenho à mão e pela maquete, ferramentas que desempenharam um papel significativo no desenvolvimento do mesmo, tendo funcionado como base ao estudo, em diferentes escalas, das materialidades, da luz, da forma, da proporção e da escala.

PARTE I

ENQUADRAMENTO

Capítulo 1

O problema energético

*“As mudanças climáticas são a maior ameaça ambiental do século XXI com consequências profundas e transversais em várias áreas: económica, social e ambiental”.*³

World Wildlife Fund

1.1 Mudanças climáticas

As alterações climáticas tornam-se cada vez mais recorrentes e com impactos cada vez maiores, afectando o equilíbrio de todos os ecossistemas (Figura 01).

O clima alterou-se significativamente ao longo do último século, sendo que estas alterações foram bastante influenciadas pelas mudanças de hábitos das sociedades. Com a implementação da máquina nos sistemas de produção durante a Revolução Industrial, resultaram profundas transformações tecnológicas, sociais, económicas, entre outras. A produção de bens começou a ser em grande escala e num ritmo acelerado, algo impossível anteriormente, com a produção artesanal. Desta forma, os preços dos produtos reduziram, o que incentivou o consumo e levou à implementação efectiva do sistema económico Capitalista.⁴

O Capitalismo incentivou o consumo e levou à caracterização das sociedades, agora desenvolvidas, como consumistas, o que desencadeou o aumento de resíduos e desperdícios, assim como do consumo de matéria prima e de energia. Os combustíveis de origem fóssil tornaram-se a matriz energética nos países desenvolvidos que rapidamente se tornaram dependentes destes recursos.

O consumo excessivo de combustíveis de origem fóssil é considerado a principal causa do aumento dos níveis de poluição atmosférica e, por este motivo, o relatório *Climate Change 2007*, desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (PIMC)⁵, destaca a actividade humana como a principal causa das mudanças climáticas.

3 WWF; *Alterações climáticas 2012*. Consultado em 2012 08 19: http://www.wwf.pt/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/

4 O sistema Capitalista surgiu no Renascimento com o término do Feudalismo.

5 Pachauri, R.K.; Reisinger, A.; *“Climate Change 2007: Synthesis Report”*; IPCC: Suíça. Consultado a 2012 12 28 em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm

Aquecimento global

Sempre se registaram mudanças climáticas ao longo de milhares de anos, porém, no último século, e pela primeira vez como resultado da acção do Homem, estas alterações têm sofrido uma forte aceleração.

As temperaturas médias (atmosférica e oceânica) têm vindo a aumentar globalmente. O que mais contribui para este aquecimento são os gases de efeito estufa (GEE), resultado da desflorestação em grande escala e do uso excessivo de energias provenientes de combustíveis de origem fóssil, cujas emissões têm sofrido um aumento significativo desde a revolução industrial (Gráfico 01). Estes gases absorvem parte da radiação infravermelha reflectida pela superfície terrestre impedindo-a de sair da atmosfera terrestre (Figura 02).

O PIMC estima que as temperaturas globais aumentarão entre 1,1 e 6,4 °C entre 1990 e 2100, dependendo das medidas mitigadoras tomadas.⁶ Este incremento desencadeia outros problemas como o rápido degelo das placas da Antártica com consequências no aumento do nível do mar, alterações de fluxos de correntes marítimas, mudanças de padrões de precipitações, maior frequência de secas e enchentes, acidificação oceânica⁷ e a criação de um ambiente mais propício para a propagação de doenças⁸. Com estes efeitos, dá-se o aumento do risco de extinção de várias espécies animais e vegetais e o aumento do número de mortes humanas.

Embora hoje seja um assunto recorrente, nem sempre se teve noção das consequências do uso abusivo e da dependência de energia proveniente de combustíveis de origem fóssil. Nas últimas seis décadas muito se tem trabalhado sobre esta temática, o que contribuiu para uma maior consciencialização do problema energético.

6 Dados retirados do artigo online *"Alterações Climáticas" in World Wildlife Fund (WWF)*. Consultado em 2012 08 20: http://www.wwf.pt/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/

7 *"Increasing atmospheric carbon dioxide concentrations lead to increasing acidification of the ocean."* in *"Summary for Policymakers"*, IPCC, 2007, p.14. Consultado em 2012 10 22: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>

8 *"A hotter, moister atmosphere is an atmosphere primed to trigger disasters,"* dito por Michael Oppenheimer, professor na Universidade de Princeton, cientista especializado no clima e autor principal no relatório do PIMC 2011. Consultado em 2012 10 22: http://www.nytimes.com/2011/11/19/science/earth/un-panel-finds-climate-change-behind-some-extreme-weather-events.html?_r=1

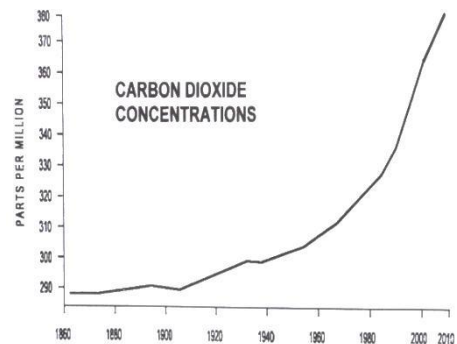
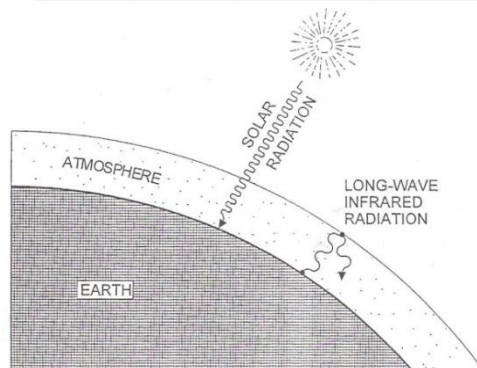
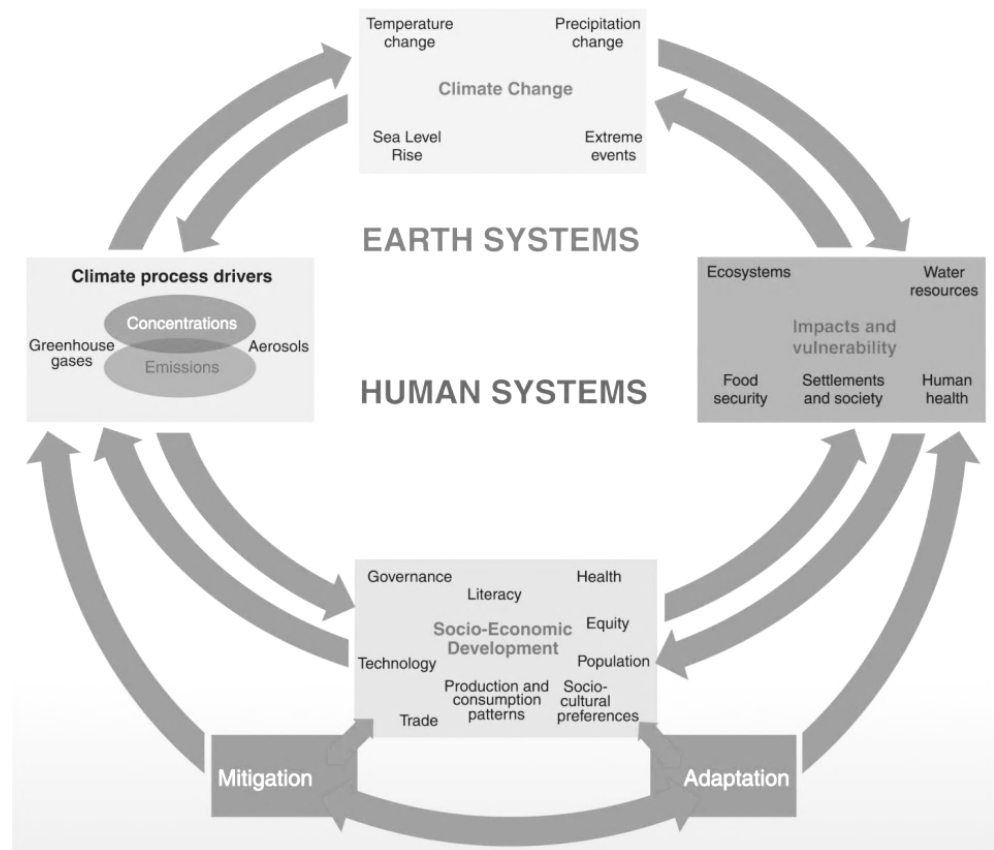


Figura 01: Esquema do ciclo inerente às alterações climáticas, incluindo os seus impulsionadores, impactos e possíveis respostas. (fonte: *The Physical Environment*; Michael Ritter, 2009)

Figura 02: Diagrama do funcionamento do efeito de estufa (fonte: *Heating, Cooling, Lighting*; Nibert Lechner, 2012)

Gráfico 01: Evolução da concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre (fonte: *Heating, Cooling, Lighting*; Nibert Lechner, 2012)

1.2 Consciência do problema energético

Em 1956, Marion King Hubbert⁹ previu um cenário que gerou polémica: a teoria Pico do Petróleo ou Pico de Hubbert (Gráfico 02), que antevia o declínio e subsequente término da produção de petróleo no planeta. Segundo a teoria, a taxa de produção de petróleo aumenta com o acréscimo de infra-estrutura produtiva, porém, atingindo o pico, a produção diminui devido ao esgotamento gradual do recurso. Não obstante, o petróleo torna-se, em 1961, o combustível mais utilizado¹⁰, contribuindo para o crescimento das economias dos países desenvolvidos (Gráfico 03).

Com o reconhecimento das primeiras consequências da utilização excessiva dos combustíveis de origem fóssil, começaram a realizar-se estudos, conferências e outros encontros para estabelecer um maior equilíbrio entre o Homem e o Meio Ambiente. Os pioneiros nesta área formam os irmãos Victor e Aladar Olgay que, na década dos anos 50, desenvolveram investigações sobre a introdução evidente de estratégias bioclimáticas que garantam boas condições de conforto no desenho arquitectónico.¹¹ A primeira atitude mundial a este respeito foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada na cidade de Estocolmo em 1972.

Um ano depois ocorre, na sequência dos conflitos Israelo-Árabes, a crise petrolífera de 1973. Esta crise demonstrou a grande dependência que os países desenvolvidos possuíam, e ainda possuem, deste combustível fóssil. Com a intenção de pressionar os EUA e a Europa, que apoiaram Israel, os árabes utilizaram o petróleo como arma político-económica, reduzindo a sua produção e originando, assim, um aumento exponencial do preço por barril (Gráfico 04). Após a crise petrolífera de 1973, outras duas se sucederam: uma em 1979, com a queda do Xá Reza Pahlavi e a Revolução Islâmica Iraniana e outra em 1990, que deflagrou a Guerra do Golfo.

Estas crises vieram consciencializar a comunidade internacional para a procura de fontes de energia alternativas, desta vez renováveis. Sendo verdade que a iniciativa desta mudança assentou, fundamentalmente, em factores de ordem política e económica, este também foi um ponto de viragem para a sensibilização mundial para a problemática ambiental.

9 Marion King Hubbert (1903 – 1989), geocientista americano, trabalhou nos laboratórios da Shell em Houston, Texas, E.U.A. Teve importantes contribuições nas áreas da geologia, geofísica e geologia petrolífera.

10 TESSMER, Hélio; *“Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem”* 2002; pp. 04 - 05. Consultado em 2012 12 28: <http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716090416.pdf>

11 OLGAY, Aladar; OLGAY, Victor. *Solar Control and Shading Devices*. New Jersey: Princeton University Press, 1957

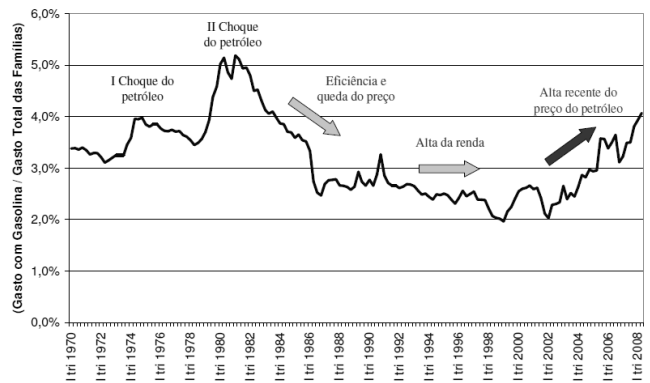
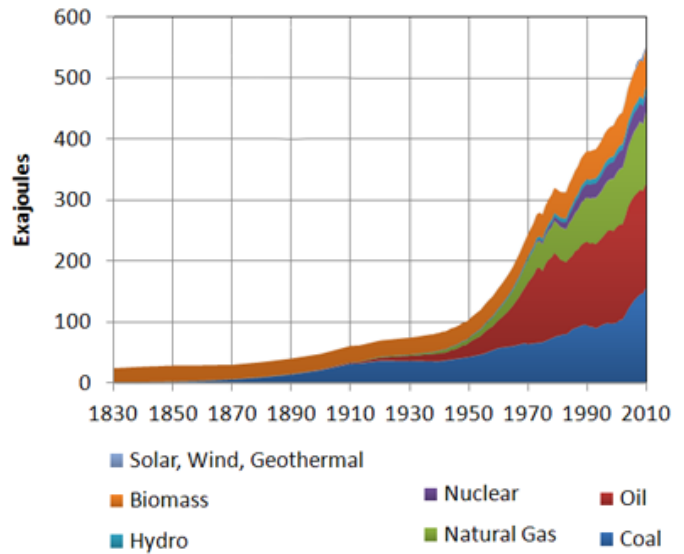
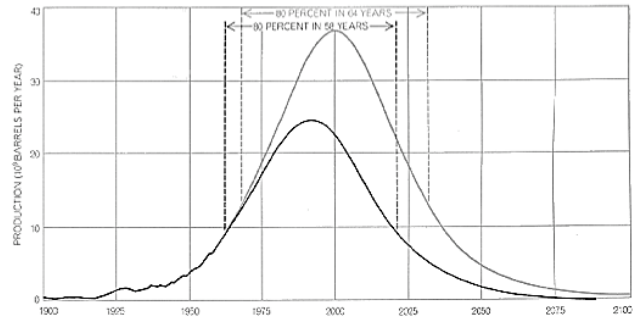


Gráfico 02: Estimativas da produção mundial de petróleo.
(fonte: *Energy and Power*, M. King Hubbert, 1971)

Gráfico 03: Evolução do consumo global de energia primária por tipo.
(fonte: *The Oil Dumm*, Rembrandt, 2012)

Gráfico 04: Evolução do peso da gasolina no orçamento das famílias dos E.U.A..
(fonte: *Contexto mundial e preço do petróleo*, EPE, 2008)

Com o aumento do interesse, surgiram mais debates e conferências incentivando a reflexão sobre questões ambientais. O tema ganhou tamanha relevância que, em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida comumente por Comissão Brundtland. Com os debates e as investigações surgiram novos termos, tal como *Sustentabilidade*, que, ao serem de difícil definição, multiplicaram-se na literatura existente. Foi-se procurando, ao longo do tempo, definir, de uma forma mais rigorosa e concreta, estes conceitos, até que surge pela primeira vez no “Relatório Nosso Futuro Comum”¹² o termo de *Desenvolvimento Sustentável*. “O desenvolvimento procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais”.¹³

O relatório salienta que o desenvolvimento sustentável não deve estar restrito à preservação do ambiente mas deve abranger, igualmente, os níveis social e económico (Figuras 03 e 04): “A imagem de uma evolução sustentável implica o conceito de pôr em sintonia o melhoramento das situações económicas e sociais das pessoas e assegurar, a longo prazo, das necessidades naturais da vida. A protecção do ambiente não pode ser o último factor a considerar devendo, sim, integrar-se em toda a evolução. A evolução sustentável requer a consideração dos factores ecológicos, económicos e sociais numa política nacional e global”.¹⁴

Em Junho 1992 foi realizada, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.¹⁵ Como resultado da conferência foram adoptados, por mais de 178 países, os seguintes instrumentos: a Agenda 21, a Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios sobre o Uso das Florestas e a Convenção Quadro sobre as Alterações Climáticas.¹⁶ Foram adoptadas, gradualmente, medidas preventivas para assegurar a protecção do ambiente através da redução da poluição numa perspectiva integradora, considerando a totalidade dos processos de produção.¹⁷

12 Também conhecido por “Relatório de Brundtland”, de 1987.

13 Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento; *O nosso futuro comum*; Ed. Meribérica/Liber Editores; 7 Lisboa; 1991

14 *Ibidem*.

15 Também conhecida como Rio 92, Eco-92, Cúpula ou Cimeira da Terra

16 PINHEIRO, Manuel Duarte; *Ambiente e Construção Sustentável*; Amadora: Instituto do Ambiente; 2006. ISBN: 972-8577-32-x. p. 28

17 *Ibidem*.

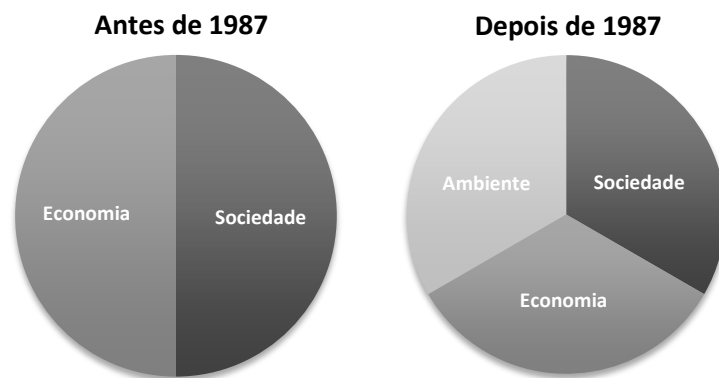


Figura 03 e 04:

Ideias de “desenvolvimento” antes e depois de 1987.
(fonte: autoria própria – baseado em Edwards, 2001)

Cinco anos depois ocorre a terceira Convenção das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, desta vez em Quioto, no Japão. Surgiu aqui o Protocolo de Quioto, um documento com vínculo legal que criou directrizes para amenizar o impacto dos problemas ambientais, causados pelos modelos de desenvolvimento industrial e de consumo vigentes no planeta. Os países signatários comprometiam-se a *“reduzir as suas emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 e 8% nos países da UE, até o período entre 2008 e 2012”*.¹⁸

Em Agosto de 2002 realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas¹⁹ em Joanesburgo. Foi sublinhada a importância da procura do desenvolvimento sustentável, agora associada à questão da globalização e incluindo aspectos sociais, como a relação entre a pobreza, o ambiente e o uso dos recursos naturais.

Seguem-se outros encontros (e mais documentos são publicados – como por exemplo, Green Paper on Energy Efficiency de 2005) como a Cimeira de Copenhaga de 2005 e, mais recentemente, a Cimeira do Clima de Doha de 2012, realizada no Qatar. Esta última contou com a participação de chefes de estados de mais de 190 países. Como principal resultado destaca-se o prolongamento do Protocolo de Quioto para 2020, porém sem o acordo das principais potências.

A constante realização deste tipo de cimeiras, que procuram estabelecer metas, avaliar resultados e incentivar o Desenvolvimento Sustentável, demonstra a intenção do Homem em tornar o planeta mais sustentável. Todavia, o sucesso destas tem estado aquém das expectativas: torna-se necessário criar um acordo vinculativo que englobe, para além das nações que já se encontram no protocolo de Quioto, as grandes potências como os EUA, a Rússia, o Canada, etc.. Torna-se, assim, cada vez mais importante a sensibilização das pessoas para esta problemática de modo a que cada indivíduo saiba o que fazer contribuindo, assim, para uma solução global e eficaz.

“...a procura da sustentabilidade deve deixar de ser uma mera moda para passar a constituir-se como um imperativo ético determinante, colectivo e sem heróis...”.²⁰

Duarte Cabral de Mello²¹

18 CNUMC; *Kyoto Protocol*; 1998. p. 03. Consultado em 2012 12 28: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

19 *Também conhecida como Rio+10, por se realizar 10 anos depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, no Rio de Janeiro.*

20 TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007; p. 07

21 Duarte Cabral de Mello (1941), natural de Lisboa, é um arquitecto licenciado pela Escola superior de Belas-Artes de Lisboa em 1970. No seu currículo contam trabalhos sobre projectos de arquitectura, planos de pormenor, planos de urbanização, entre outros. Foi autor do plano de pormenor 4 – PP4, que inclui o desenho urbano e estudo volumétrico da Vila Expo, situada na zona norte do Parque Expo. Foi ainda professor na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

1.3 Evolução do consumo energético em Portugal

Segundo o Eurostat, Portugal tem uma elevado índice de dependência energética externa (75,45%), muito superior à média da União Europeia (52,68%).²²

Esta elevada dependência, associada a questões ambientais e económicas, explicam a aprovação, nos últimos 20 anos, de um conjunto alargado de medidas de política pública no sector energético. Estas medidas têm-se centrado na aposta da utilização de fontes de energia renováveis e em ganhos de eficiência energética²³.

Estas medidas, juntamente com um decréscimo do consumo energético, fizeram com que a dependência energética portuguesa tenha vindo a descer gradualmente (Gráfico 05). Mesmo assim, Portugal é o 9º país da União Europeia mais dependente de energia externa.²⁴

Esta dependência representa uma parcela considerável do défice da Balança Corrente portuguesa. Embora a importação energética tenha vindo a descer nos últimos anos, esta parcela tem vindo a subir devido ao aumento do preço do petróleo, que atingiu máximos históricos em Junho de 2008.²⁵ Em 2001, o saldo importador de bens energéticos rondava os 28% do saldo da Balança Corrente enquanto que em 2009 e 2010 ultrapassava, respectivamente, os 42% e os 52% (Gráfico 06).

Estes valores tornam clara a importância da diminuição da dependência energética do exterior para alcançar o equilíbrio da Balança Corrente nacional.

22 Dados relativos ao ano de 2010 retirados da tabela "Energy dependence (%)" da autoria da Eurostat. Consultado em 2012 08 26: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc310&plugin=1>

23 Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento; Ministério das Finanças e da Administração Pública; "Boletim Mensal de Economia Portuguesa"; n. 6; Junho de 2011; p. 03. Consultado em 2012 08 27: <http://www.gpeari.min-financas.pt/analise-economica/publicacoes/ficheiros-do-bmep/2011/junho/em-analise/Politic-publicas-de-energia-em-Portugal.pdf>

24 Dado retirado da tabela "Energy dependence (%)" da autoria da Eurostat. Consultado em 2012 08 26: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc310&plugin=1>

25 FGV Proj.; O MERCADO DO PETRÓLEO: Oferta, Refino e Preço; Ed. FGV: Rio de Janeiro; Abril de 2012. p. 61. ISBN: 978-85-64878-05-1. Consultado a 2012 12 08: http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/miolo_mielnik_final_view_19abr12.pdf

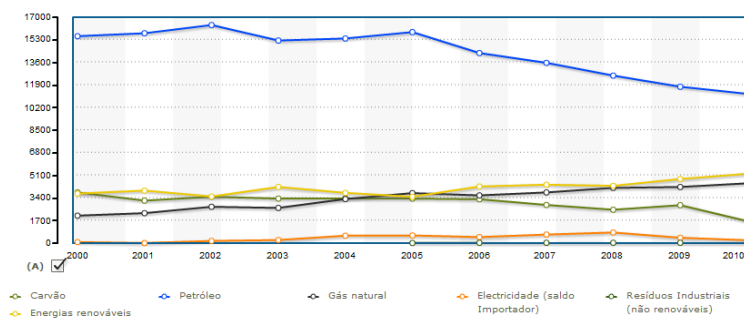
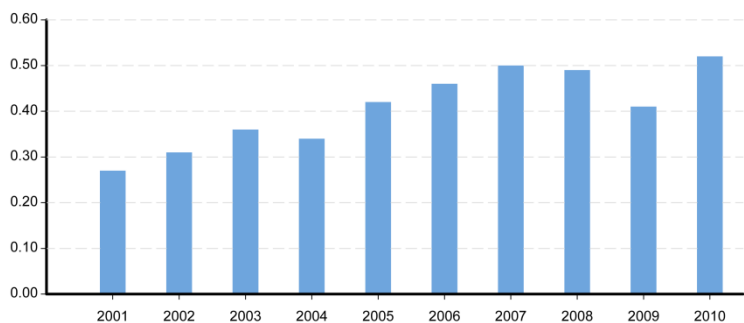
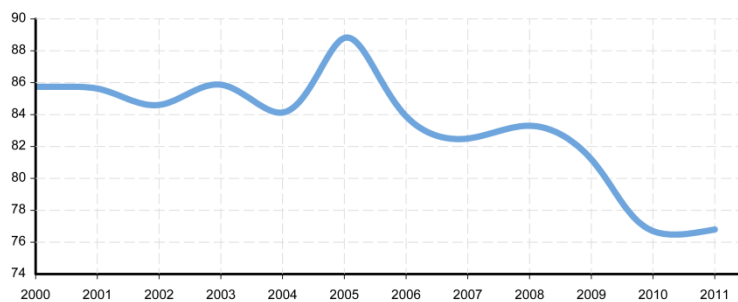


Gráfico 05: Evolução da taxa de dependência energética externa de Portugal.
(fonte: autoria própria; dados: DGEG, 2011)

Gráfico 06: Peso dos produtos energéticos no saldo da Balança Comercial (bens).
(fonte: autoria própria; dados: DGEG, 2011)

Gráfico 07: Evolução do consumo de energia primária por tipo de fonte energética em Portugal (tep)
(fontes: DGEG/MEID, PORDATA, 2011)

Através do gráfico 07 é possível constatar o peso que o petróleo detém no consumo de energia primária em Portugal. Todavia, é também possível verificar que este peso tem vindo a seguir uma tendência de decréscimo. Nos últimos 20 anos, houve um esforço para reduzir a utilização do petróleo enquanto fonte primária de energia e, para tal, procurou-se alcançar uma maior eficiência na utilização de serviços de energia e a substituição gradual do petróleo por outras fontes (primeiro pelo carvão, gás natural e biocombustíveis, depois pela produção hidroelétrica e, mais recentemente, pelas energias eólica e solar).²⁶

Apesar das energias renováveis representarem apenas uma pequena fracção do consumo de energia primária do nosso país, o seu papel tem sido preponderante para o decréscimo da dependência energética portuguesa.²⁷ O gráfico 08 mostra a evolução da contribuição destas energias para o balanço energético português. Os biocombustíveis e os resíduos (biocombustíveis líquidos e sólidos, resíduos industriais e municipais e biogás) lideram, representando mais de 55% desta contribuição. Esta é bem evidente na produção de electricidade durante a última década (gráfico 09). Em 2010, as turbinas eólicas foram responsáveis por 17,0% (1º lugar na UE) e as centrais hídricas por 29,9% (6º lugar na UE) da produção bruta de electricidade em Portugal.²⁸

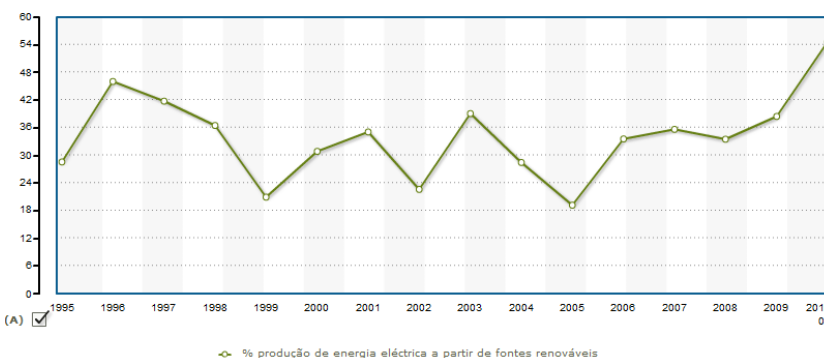
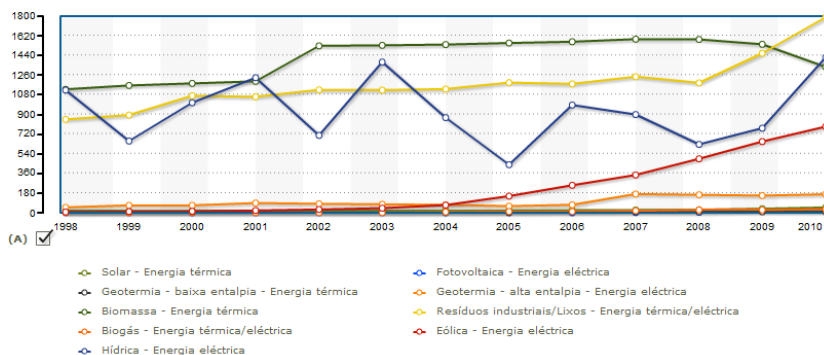
Segundo o relatório *Renewable energy country attractiveness indices*, elaborado pela Ernst & Young, Portugal ocupa o 19º lugar no índice de atractividade para o investimento em energias renováveis - IAIER (Tabela 01). O mesmo relatório ainda atribui o 25º e o 14º lugar a Portugal nos IAIER eólico e solar, respectivamente. Apesar destes números provarem que há um grande potencial de investimento nas energias renováveis em Portugal, o Governo decidiu, no início de 2012, “congelar” a atribuição de novas licenças para a produção de electricidade em regime especial, afectando principalmente a produção eólica e a cogeração.²⁹

26 Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento; Ministério das Finanças e da Administração Pública; “Boletim Mensal de Economia Portuguesa”; n. 6; Junho de 2011; p. 17 Consultado em 2012 08 27: <http://www.gpeari.min-financas.pt/analise-economica/publicacoes/ficheiros-do-bmep/2011/junho/em-analise/Politicass-publicas-de-energia-em-Portugal.pdf>

27 *Ibidem*.

28 PORDATA, “Produção bruta de electricidade por tipo de fonte energética (%)”; Março de 2012. Consultado em 2012 08 27: <http://www.pordata.pt/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>

29 Expresso online; “Energia: Renováveis ameaçadas com situação económica portuguesa, acusa federação europeia” in Jornal Expresso; Ed. Lusa; 20 de Fevereiro de 2012. Consultado em 2012 08 27: <http://expresso.sapo.pt/energia-renovaveis-ameacadas-com-situacao-economica-portuguesa-acusa-federacao-europeia=f705941>



Rank ¹	Country	All renewables	Wind index	Onshore wind	Offshore wind	Solar index	Solar PV	Solar CSP	Biomass/ other	Geo-thermal	Infra-structure ²
1	(1) China	70.4	77	78	70	64	66	47	60	51	75
2	(2) US ²	67.5	65	68	56	73	73	74	62	68	62
3	(3) Germany	65.1	68	65	79	60	69	0	68	57	71
4	(4) India	65.0	65	71	42	67	69	55	62	45	67
5	(5) Italy	57.5	58	60	49	59	61	41	52	61	55
6	(6) UK	55.8	64	61	80	42	47	0	58	36	67
7	(7) France	55.7	58	59	54	53	56	29	57	34	56
8	(8) Canada	53.4	63	66	46	40	45	0	50	36	66
9	(9) Brazil	50.4	53	55	40	47	49	33	54	24	51
10	(13) Japan	50.3	48	49	41	58	62	27	40	47	54
11	(10) Austrália	49.5	49	51	38	53	53	54	43	57	47
12	(12) Sweden	49.2	55	55	53	37	42	0	58	35	56
13	(11) Spain	48.4	47	50	36	54	53	58	44	27	38
14	(14) Romania	47.7	53	56	39	40	45	0	45	41	46
15	(16) Poland	46.7	54	56	42	37	42	0	44	23	48
16	(15) South Korea	46.6	47	46	53	48	51	29	41	36	45
17	(18) South Africa	45.3	49	52	36	42	41	50	36	34	49
18	(17) Greece	44.6	45	48	33	48	50	33	34	25	32
19	(19) Portugal	44.3	45	48	35	46	47	35	38	25	38
20	(20) Belgium	44.2	51	49	57	36	42	0	39	27	50
21	(21) Mexico	43.9	45	46	40	43	44	40	39	55	41
22	(22) Netherlands	42.5	48	49	47	36	41	0	37	21	41
23	(23) Denmark	42.2	46	44	58	35	40	0	46	33	52
24	(24) Ireland	42.1	52	52	50	26	30	0	43	23	48
25	(26) Morocco	41.3	39	42	26	48	47	54	38	21	42

Gráfico 08: Contribuição das energias renováveis para o balanço energético português. (teo - milhares)
(fontes: DGEG/MEID e PORDATA 2012)

Gráfico 09: Produção de energia eléctrica em Portugal a partir de fontes renováveis (%)
(fontes: DGEG/MEID e PORDATA 2012)

Tabela 01: Índice agrupado de atractividade para o investimento em energias renováveis (parcial).
(fonte: "Renewable energy country attractiveness indices"; Ernest & Young; Maio de 2012)

Sobre este tema, George Gross³⁰ disse, no decorrer de uma entrevista ao jornal Diário Económico: *“O desinvestimento [nas energias renováveis] não é uma política racional. Pode mudar-se a política em várias vertentes, mas desinvestir é uma mudança de 180 graus. Eu acredito que a busca por uma energia limpa e pela auto-suficiência ainda não desapareceu. Além disso, a política na União Europeia ainda não mudou. Por isso, eu não compreenderia nem aceitaria uma política assim”*.³¹

Sendo verdade que é do maior interesse para Portugal que o governo continue a investir em projectos que produzam energia limpa e renovável, a pequena escala não pode ser esquecida. Os projectistas têm hoje a oportunidade de acelerar este processo, e são muitos os campos onde actuar: organização espacial em relação às orientações, escolha responsável de materiais, dimensionamento correcto de vãos, utilização de sistemas de sombreamento apropriados, incentivo à ventilação natural, isolamento térmico apropriado, micro-geração de energia, entre muitos outros. Torna-se pertinente que os projectistas possuam a sensibilidade necessária para esta problemática e que a transmitam aos seus clientes. O futuro do planeta depende da mudança de mentalidades das pessoas e os projectistas, como locutores, possuem um papel privilegiado neste processo.

30 George Gross é professor de Engenharia Eléctrica e Informática na Universidade do Illinois. Tem ensinado e investigado nas áreas de sistemas eléctricos, armazenamento de energia, integração de recursos renováveis, entre muitas outras. Trabalhou na Electric Research Power e cofundador da Powerworld. É consultor de várias empresas e governos mundiais na área da electricidade.

31 *“ENTREVISTA GEORGE GROSS”* in Jornal Diário Económico; Lisboa, Portugal; 2012 07 12; p. V; Consultado em 2012 08 27: http://www.apren.pt/fotos/noticias/12_07_2012_entrevista_george_gross_1342172529.pdf

1.4 Peso da arquitectura no consumo energético

Os edifícios têm a capacidade de alterar o ambiente, conferindo uma maior segurança e um maior conforto a quem os habita. Para tal, é necessário utilizar recursos: materiais para construção, o solo onde estão implantados, a energia despendida na sua operação, entre outros. Dado que o planeta consiste, como afirma Herman Daly³², “num sistema fechado e finito”³³, a gestão destes recursos tem de ser realizada da melhor forma possível, de modo a assegurar um desenvolvimento sustentável e a integridade do planeta.

Com os estilos de vida actuais, o Homem começou a utilizar muito mais os edifícios do que antigamente: “Ainda há poucas centenas de anos, as pessoas passavam grande parte do seu tempo no exterior. Hoje passam 90% do seu tempo em espaços interiores (...)”.³⁴ Este aumento do uso dos edifícios, juntamente com os hábitos da sociedade moderna (apoiados em sistemas mecânicos), causaram um aumento significativo no consumo de energia e recursos dos edifícios.

A *Agenda 21 sobre a construção sustentável*, um estudo promovido pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)*, considera que a indústria da construção civil possui uma grande importância na questão da sustentabilidade. Em 2005, os edifícios em Portugal foram responsáveis pelo consumo de 29%³⁵ de energia final, assim como 62%³⁶ da electricidade. No caso de Lisboa, os valores aumentam para 36% e 86%³⁷, respectivamente (Gráficos 10 e 11).

32 Herman Daly (1938), natural dos EUA, é um economista ecológico no Banco Mundial e professor na Faculdade de Política Pública na Universidade de Maryland, EUA. Durante a sua carreira tem publicado livros e artigos e foi inclusivamente co-fundador do jornal *Ecological*.

33 Tradução livre de “*the earth ecosystem is finite, nongrowing, and materially closed.*” in Herman E. Daly and Kenneth N. Townsend; *VALUING THE EARTH: Economics, Ecology, Ethics*; Ed.: The MIT Press, Cambridge, E.U.A.; 2nd edition (January 1, 1993). p. 267. ISBN 0-262-54068-1

34 *Ibidem*; p. 24

35 EUROSTAT; tabela: “*Final energy consumption, by sector*”; 2010. Consultado em 2012 08 26: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdpc320&plugin=1>

36 EUROSTAT; tabela: “*Consumption of electricity by industry, transport activities and households/services*”; 2010. Consultado em 2012 08 26: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00094&language=en>

37 Carlos Laia et al; *Matriz energética de Lisboa*; Ed.: Lisboa E-Nova, Lisboa. Setembro de 2005. P. 40, 48 e 64. ISBN: 972-99760-0-7 Consultado a 2012-12-11 em: http://lisboaenova.org/images/stories/Publicacoes_LEN/Energy_Matrix/matriz_energetica_site.pdf

Embora inferior à média da União Europeia, estes valores mostram que os arquitectos³⁸ possuem um importante papel a desempenhar na busca de um equilíbrio entre os edifícios e o ambiente em Portugal. Infelizmente, esse papel ainda é muitas vezes ignorado. Livia Tirone³⁹ classifica que o edificado em Portugal não oferece condições de salubridade e de conforto desejáveis, nem tão pouco que façam jus ao clima mediterrânico em que se inserem. Acrescenta que este facto, para além de empobrecer sistematicamente os portugueses, retira-lhes qualidade de vida e competitividade.⁴⁰

Norbert Lechner propõe duas medidas que vão ao encontro do que foi referido: a substituição das fontes de energia poluidoras por fontes limpas e renováveis e o aumento da eficiência dos edifícios para que utilizem menos energia, sem detrimento das condições de salubridade e conforto. A segunda ideia é reforçada por Wolfgang Feist⁴¹: *“The best energy is less energy”*.⁴² Feist defende que a eficiência energética é a mais importante, a mais económica e a mais segura opção energética para actuar hoje.⁴³ Ambas têm de ser implantadas e esta é a missão do arquitecto de hoje. Recentes projectos provam que é possível reduzir drasticamente o consumo dos edifícios: a Torre Verde e a Casa da Memória (Parte III) são exemplos disso e, por esse motivo, serão alvo de uma pesquisa mais aprofundada no seguimento desta dissertação.

“(...) nós temos o conhecimento, só nos falta a vontade.”⁴⁴

Norbert Lechner

38 Assim como os restantes elementos da equipa técnica.

39 Livia Tirone (1961 em Lisboa) é arquitecta, promotora, escritora e consultora. Fundou o atelier Tirone Nunes S.A. juntamente com Ken Nunes. O atelier já conta com mais de 200 projectos bioclimáticos na região de Lisboa. Dentro deles, a Torre Verde é dos mais conhecidos por agrupar um grande conjunto de preocupações ambientais.

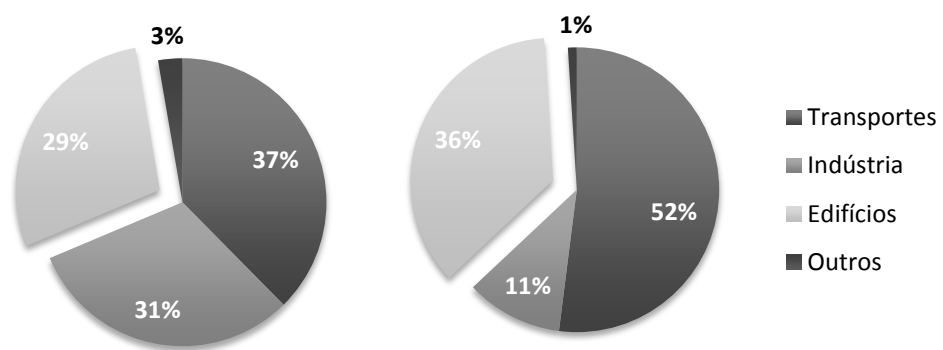
40 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; “Soluções robustas para a Reabilitação sustentável”; Sintra: Ed. Tirone Nunes S.A. p. 20

41 Dr. Wolfgang Feist estuda e pesquisa, desde 1973, a física dos edifícios em várias universidades por toda a Alemanha. Fundou o Instituto Passivhaus (PHI), em 1996, e é, actualmente para além de diretor do PHI, é professor de Física das Construções na Universidade de Innsbruck, na Áustria.

42 Tradução livre de “The best energy is less energy” citado em GAVIÃO, João; Dissertação: “Proposta de reabilitação de edifícios de habitação de acordo com os padrões Passive House”; Ed. Universidade do Minho; Guimarães; Portugal; 2011.

43 GAVIÃO, João; Dissertação: “Proposta de reabilitação de edifícios de habitação de acordo com os padrões Passive House”; Ed. Universidade do Minho; Guimarães; Portugal; 2011.

44 LECHNER, Norbert; *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect*; Londres; 2006; p. 02



Gráficos 10 e 11: Segregação por sector do consumo de energia final em Portugal (esquerdo) e em Lisboa (direito) em 2005.
(fonte: Autoria própria. Dados: EuroStat; 2012 / Matriz Energética Lisboa; 2005)

Capítulo 2

O problema do parque edificado

*“Se olharmos para o número de famílias esperadas em 2050 e o confrontarmos com os alojamentos disponíveis em 2006 (...), já existe hoje um parque de alojamentos suficiente para albergar as famílias que irão surgir”.*⁴⁵

Maria Moreira⁴⁶

2.1 Excesso de oferta

A cidade tem vindo a ser constantemente alterada, tendo em conta os paradigmas vigentes em cada época, na procura de maior conforto e funcionalidade para quem as habita. Criaram-se novos modelos de cidade, de bairro e de casa, experiências mais ou menos bem sucedidas e apoiadas, na sua grande maioria, na renovação ou expansão da cidade, ou seja, na construção de raiz. A adopção deste modelo de crescimento no passado é compreensível, dada a necessidade de, em períodos de falta de habitação na cidade, se ampliar a mesma para dar resposta à crescente procura.

Portugal, antes dos anos 70 do século XX, possuía um ritmo de construção bastante baixo, não conseguindo acompanhar os níveis dos restantes países europeus; todavia, com a ‘explosão’ do sector da construção dos anos 90, isso mudou. Tal crescimento fez com que o parque edificado nacional apresente hoje valores semelhantes aos da média europeia.⁴⁷ Este ritmo de crescimento contínuo contribuiu para a actual crise no sector da construção. A Europa possui actualmente um parque edificado que responde em excesso a essa procura existente o que contribui para o aumento de edifícios devolutos. Segundo um levantamento elaborado em 2009 pela CML, foram registados 4689 edifícios devolutos em Lisboa⁴⁸ (Figura 05).

45 MOREIRA, Maria de Fátima Carvalho; *O envelhecimento da população e o seu impacto na habitação: prospectiva até 2050*; Tese de Mestrado; ISEGI; Lisboa; 2008; p. 56. Consultado em 2012 12 09: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/2639/1/TEGI0221.pdf>

46 Maria de Fátima Carvalho Moreira é mestre em Estatísticas e Gestão de Informação pela Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova. Foi autora da dissertação final de mestrado *O envelhecimento da população e o seu impacto na habitação: prospectiva até 2050*, publicada em 2008.

47 PIEDADE, António Canha da; “Edifícios para viver melhor, Construção Sustentável - Estratégias, Projectos e Sistemas de Apoio”; Ed. FUNDEC/IST, Lisboa, Portugal; 2003.

48 CML, “LEVANTAMENTO DO PARQUE EDIFICADO DEVOLUTO DA CIDADE DE LISBOA”, 2009 Consultado em 2012 12 11: http://www.tretas.org/PrediosDevolutosLisboa?action=AttachFile&do=get&target=CML_LevantamentoParqueEdificadoDevoluto.pdf

2.2 Impacto dos edifícios devolutos

A cidade é vulgarmente definida como um centro urbano onde se concentram pessoas, fluxos e actividades. Quando devoluto, um edifício não contribui para o funcionamento da rua, do bairro e da cidade onde se insere. Reduzem-se os fluxos e as actividades humanas e ocorre a perda de atractividade do local. Acrescentam-se a estes problemas o incentivo à ocupação ilegal que potencia outras actividades marginais e o aumento de riscos inerentes à integridade estrutural dos imóveis, etc.. Exemplo disso, são os incêndios e as derrocadas, mesmo que parciais, que ocorrem com alguma regularidade nestes edifícios. Ambos os casos levam a danos materiais, comprometendo a sua integridade física e a dos edifícios contíguos e podem causar feridos ou mesmo perdas de vida, entre outros.

Acrescenta-se, como nota conclusiva deste sub-capítulo, a noção de que não há nada menos sustentável do que um edifício que não desempenhe funções. O investimento feito na sua construção torna-se, nestes casos, um desperdício, tal como o edifício em si.

2.3 Incentivo à reabilitação

Bruno Gabrielli⁴⁹ afirma que “a cidade do amanhã já existe hoje, a sua requalificação dar-nos-á a cidade do futuro”.⁵⁰ De facto, o paradigma urbano mudou: a nova realidade envolve o crescimento zero (ou mesmo negativo) das cidades e a necessidade objectiva de reutilizar o edificado existente.⁵¹

A reabilitação de edifícios pode resolver, ou pelo menos mitigar, os problemas associados ao estado devoluto de edifícios (Sub-capítulo 2.2). Para além disso, os edifícios são um enorme armazenamento de materiais. Deve-se assegurar que estes se tornem, na medida do possível, um recurso para a sociedade. Quando abandonados, estes edifícios não cumprem a sua função primordial, tornando o investimento envolvido na sua construção insustentado. Acrescentam-se, ainda, outras vantagens, como a redução de resíduos e a tendência, caso a integridade estrutural do edifício não esteja comprometida, para que o custo da obra seja inferior, quando comparado a um construção de raiz.

Ao longo dos últimos 30 anos, têm sido realizados esforços para promover a reabilitação urbana, a nível nacional. Mesmo com estes esforços, a maior parte dos programas criados neste âmbito revelaram-se pouco eficazes, tanto na ordem administrativa e burocrática, como na incapacidade de considerar questões relevantes como as características físicas e construtivas dos fogos, o seu estado estrutural, a viabilidade técnico-económica das intervenções e o impacto sobre a qualidade de vida da população e na melhoria dos centros urbanos onde se inserem.⁵²

Em 2011, a maioria dos edifícios licenciados continuam a ser construções novas, representando 64,2% do total de edifícios (Gráfico 12), porém ocorreu um aumento de 5% de edifícios reabilitados em relação a 2010, evidenciando a maior importância atribuída à reabilitação no sector da construção.⁵³

49 Bruno Gabrielli, natural de Génova, desempenha actualmente funções de professor de Planeamento Urbano e é o presidente do Curso de Licenciatura em Ordenamento do Território, Urbanismo e Ambiente na Faculdade de Arquitectura da Universidade de Génova. É autor de ensaios publicados em varias revistas italianas e estrangeiras.

50 Tradução livre de: “Ora si è finalmente capito che la città futura è la “città esistente”; la sua riqualificazione è la città futura” in GABRIELLI, Bruno; *Identità Urbana. Materiali per un dibattito*; Quaderni del Dipartimento Città Territorio; Gangeni Editore; 1995. p.37

51 AGUIAR, José; *ATIC Magazine*; nº 24; Novembro; Lisboa; ATIC; 1999

52 MADEIRA, Cátia; “A Reabilitação Habitacional em Portugal - Avaliação dos Programas RECRUA, REHABITA RECRIPH E SOLARH”; Ed.FAUTL, Lisboa, Portugal; Maio de 2009. p. 83 Consultado em 2012 08 31: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/2601>

53 INE; “Estatísticas da Construção e Habitação 2011”; Ed. INE; Lisboa, Portugal; 2012; ISBN 978-989-25-0165-9. p. 07

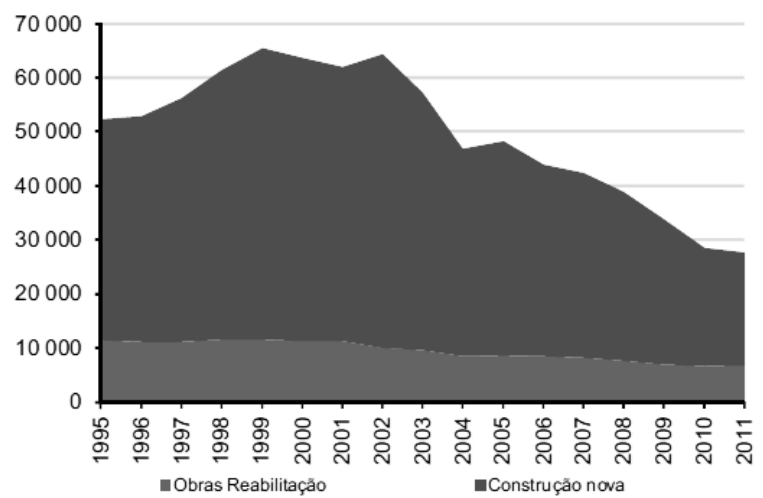


Figura 05: Fotografia de um edifício totalmente devoluto na Rua de Alcântara, nº31-31D Lisboa, Portugal.
(fonte: autoria própria)

Gráfico 12: Evolução das Reabilitações do edificado e das construções novas em Portugal.
(fonte: INE, 2012)

PARTE II

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Capítulo 3

Arquitectura Bioclimática

*“A longo prazo, o desenho verde não será uma opção mas uma necessidade.”*⁵⁴

Norbert Lechner

3.1 Princípios Bioclimáticos

Há milhares de anos que o Homem constrói estruturas para se proteger do ambiente que o rodeia. Para tal, são necessários recursos (o solo onde se assenta, os materiais para a sua construção, a energia utilizada na sua operação, entre outros), o que leva sempre à existência de um impacto no meio ambiente.

Surgiu, no final do século passado, uma doutrina que tenta criar edifícios com o menor impacto possível, designadamente, a arquitectura bioclimática; esta combina a lógica da arquitectura vernacular com os avanços tecnológicos. Da arquitectura vernacular, também *“chamada como jornalismo em pedra, por retratar a cultura, o clima e os recursos de um tempo e de um lugar”*⁵⁵ caracteriza-se pelas boas práticas de utilização de materiais locais, de integração com a cultura onde está implantada, de equilíbrio com o clima, entre outros, enquanto que dos avanços tecnológicos são utilizados novos materiais, novos princípios e novos conhecimentos, tais como isolamentos térmicos, janelas termicamente mais eficientes, sistemas de produção de energias renováveis, etc..

A arquitectura bioclimática contraria a ‘aparente universalidade’ verificada em muitos edifícios contemporâneos, que são dificilmente localizáveis dadas as suas semelhanças tanto em Nova Iorque, Paris, Nova Deli ou Tóquio.⁵⁶ Tendo como objetivo a redução do impacto causados pelos edifícios (durante todo o seu ciclo de vida) sobre o ambiente, a arquitectura bioclimática, tal como a arquitectura vernacular, adapta-se a cada região, o que leva à existência de uma grande diversidade.

54 Tradução livre: *“In the long run, sustainable design is not an option but a necessity”* in LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 14

55 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 02

56 *Ibidem*: 02

3.2 Abordagem arquitectónica

Norbert Lechner, em *Heating, cooling, lighting*⁵⁷, organiza o processo conceptual de um projecto bioclimático em três níveis (Figura 06).

O primeiro corresponde às opções iniciais do desenho arquitectónico. A forma do edifício pode, por si só, minimizar as perdas de calor no Inverno, minimizar os ganhos no Verão e aproveitar de uma forma eficaz a iluminação natural. Erros cometidos nesta fase podem levar ao aumento da necessidade dos equipamentos mecânicos em duas ou três vezes⁵⁸. Por outro lado, se forem tomadas decisões correctas, o consumo energético dos edifícios podem reduzir cerca de 60%⁵⁹ quando comparado aos edifícios convencionais.⁶⁰

O segundo nível envolve a utilização de energias renováveis a partir de sistemas passivos de aquecimento, arrefecimento e iluminação, sendo que decisões correctas nesta fase podem reduzir outros 20% do consumo energético do edifício. Em suma, estima-se que estes dois níveis, puramente arquitectónicos, conseguem reduzir o consumo energético de um edifício até 80%.

Por fim, o terceiro nível trata do desenho dos sistemas mecânicos de forma a serem o mais eficientes possível. Este esforço poderá reduzir o consumo energético noutros 8% pelo que, a necessidade energética de um edifício bioclimático consegue chegar aos 12% quando comparado com um edifício convencional. Esta energia poderá ainda derivar de fontes renováveis através de painéis fotovoltaicos, de turbinas eólicas, entre outros, tema também abordado no terceiro nível.

O modelo tri-nivelar de Lechner será adoptado para organizar os capítulos posteriores da presente parte.

57 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093.

58 *Ibidem*: 07

59 Este dado percentual, assim como os restantes neste parágrafo, são relativos ao parque habitacional norte-americano, servindo porém de referência para a presente dissertação.

60 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 07

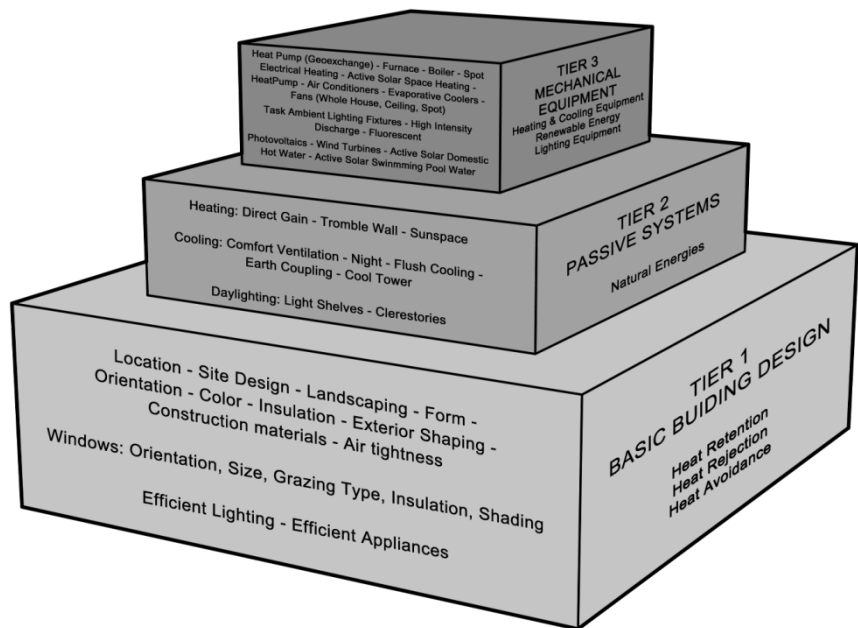


Figura 06: Os três níveis da arquitectura bioclimática segundo Norbert Lechner
(fonte: Heating, Cooling, Lighting; Norbert Lechner; 2012)

Capítulo 4

Arquitetura Bioclimática: Opções Iniciais de Projecto

*“O nível mais vasto e com maior relevância consiste nas opções iniciais de projecto (...)”*⁶¹

Building Green

4.1 Importância da equipa projectista

As opções iniciais de projecto são as decisões que mais influenciam o desempenho energético-ambiental dos edifícios (Gráfico 13). Métodos de concepção desajustados ao local e clima ou problemáticas ignoradas comprometem as condições de salubridade e de conforto dos utilizadores. Um erro cometido nesta fase implicará o gasto de uma elevada quantidade de recursos na sua mitigação (através do uso de equipamentos mecânicos) ou na sua rectificação (Gráfico 14). Cabe ao arquitecto, em conjunto com todas as especialidades, estudar devidamente as problemáticas e determinar quais as melhores opções iniciais e estratégias bioclimáticas a adoptar.

61 Tradução livre de: *“The largest, most important tier deals with basic building design (...)”* in *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects, 2nd Edition”* in Building Green. 2003. Consultado em 2013 02 01: <http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2001/5/1/Heating-Cooling-Lighting-Design-Methods-for-Architects-2nd-Edition/>

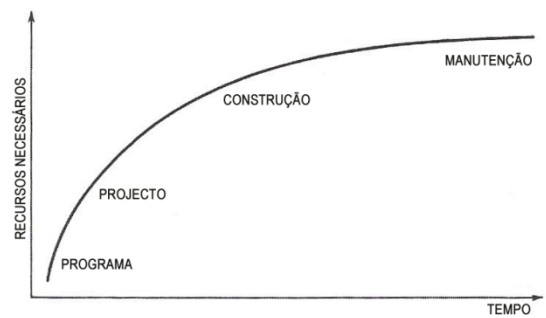
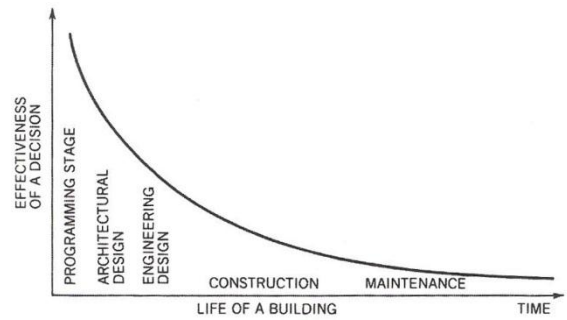


Gráfico 13: Evolução do impacto das decisões de um arquitecto ao longo da vida de um edifício.
(fonte: Norbert Lechner; 2006)

Gráfico 14: Evolução dos recursos gastos na rectificação de um erro ao longo da vida de um edifício.
(fonte: autoria própria)

4.2 Boas práticas da arquitectura vernacular

Como verificado anteriormente, a arquitectura tem a capacidade de criar um meio protegido e controlado. Esta deve tanto amenizar as sensações de desconforto impostas pelas condições climáticas mais rígidas (intempéries, variações térmica indesejadas, exposições solares excessivas, ventos fortes, entre outros) como propiciar ambientes tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos. Deste modo, torna-se evidente a relação intrínseca entre a arquitectura e o clima. Para além disto, a arquitectura deve ser influenciada pela região onde está implantada, através da cultura local, dos seus materiais, etc.. Estes dois princípios – integração com o clima e com o local – são os principais motes da arquitectura vernacular, sendo também responsáveis pela sua riqueza e variedade. Tais princípios não devem, porém, ser exclusivos à arquitectura vernacular ou tradicional devendo ser tidos em consideração em todos os projectos.

4.2.1 Arquitectura vernacular em climas frios

Nos climas frios, a principal estratégia prende-se na retenção de calor e, nesse sentido, os edifícios tendem a ser bastante compactos, minimizando a superfície em contacto com o exterior. Os pés-direitos são habitualmente baixos, tornando possível o aproveitamento do ar quente que se estratifica nas camadas superiores dos espaços. As coberturas possuem uma inclinação suficiente para fazer com que grande parte da neve caia deixando apenas uma pequena camada que funciona como elemento apaziguador entre a temperatura exterior e a interior. Como a resistência térmica das paredes é muito importante, a madeira é frequentemente utilizada, em detrimento da pedra. As vistas e a iluminação natural, embora desejadas, são habitualmente sacrificadas, dado que as janelas são pontos fracos no perímetro térmico dos edifícios. Desta forma, existem poucos vãos e, os que existem, são de pequenas dimensões. A lareira trata-se de um elemento quase sempre presente, por vezes mesmo no centro da habitação. No que toca ao desenho exterior, a vegetação é habitualmente utilizada de forma a proteger os edifícios dos ventos gélidos do Inverno (Figura 07).⁶²

62 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 03



Figura 07: Típica cabana alpino, lago O'Hara, Parque Nacional de Yoho, Canada
(Fonte: Doug Bezovie)

4.2.2 **Arquitectura vernacular em climas quentes**

A arquitetura vernacular em climas quentes diverge bastante consoante os níveis de humidade relativa (climas secos ou húmidos).

Nos climas quentes e secos, a amplitude térmica é elevada, o que leva a que a arquitetura seja maciça. Os edifícios possuem paredes espessas dada a sua elevada inércia térmica que absorve os ganhos excessivos no seu interior. Como o Sol é intenso, são utilizadas pequenas aberturas, de forma a controlar a entrada de radiação solar assim como de ar quente. A paleta de cores utilizada, tanto nas superfícies exteriores como nas interiores, corresponde a tons claros e pastéis. A escolha cromática no exterior procura minimizar a absorção da radiação solar das paredes e cobertura, enquanto que no interior potencia uma maior difusão da luz oriunda das pequenas janelas pelo restante espaço. Como a precipitação é reduzida, as coberturas são habitualmente em terraço, espaços bastante utilizados principalmente durante as noites de verão. No desenho urbano, os edifícios tendem a estar próximos de modo a aproveitar o sombreamento produzido pelos mesmos (Figura 08).⁶³

Nos climas quentes e húmidos, embora a temperatura seja mais baixa do que nos climas quentes e secos, o elevado teor de humidade causa grande desconforto. Por este motivo, o desenho dos edifícios possui características bastante diferentes do que as sobreditas. A principal forma de contrariar o desconforto originado pelo excesso de humidade consiste numa ventilação eficaz, que aumenta a evaporação e a sensação de frescura. Assim sendo, são utilizadas muitas janelas e de grandes dimensões de modo a maximizar a movimentação do ar. Como a radiação solar directa é indesejada, e como resposta a estas grandes aberturas, são utilizadas portadas e telheiros (sendo ainda barreiras contra a chuva). Como a amplitude térmica diária é pequena, a inércia térmica torna-se ineficiente. Assim sendo, os materiais utilizados são pouco densos, para que não retenham calor. O pé-direito é alto, permitindo que o ar quente se acumule nas camadas superiores. Em termos urbanos, os edifícios tendem a estar afastados o máximo de modo a maximizar a ventilação natural (Figura 09).⁶⁴

A relação entre a arquitetura, o local e o clima foi-se tornando cada vez menos clara a partir do Renascimento. Todavia, hoje, com a mediatização da crise ambiental, os arquitectos estão a retomar estes princípios, procurando restabelecer um maior equilíbrio entre as três partes.

63 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 03

64 *Ibidem*: 03



Figura 08: Vista aérea da cidade de Ghardaia, Argélia.
(fonte: Yann Arthus-Bertrand)

Figura 09: Casa típica Batak, em Tomok, Ilha de Samsir, Indonésia.
(fonte: Timothy Tye)

Torna-se pertinente referir que o clima de Portugal não corresponde a nenhum dos climas abordados (climas frios, climas quentes e secos e climas quentes e húmidos). Todavia, sendo estes casos extremos, ajudam a perceber, de uma forma mais clara, como agir perante determinados factores climáticos, como num clima com temperaturas mais baixas, com grande amplitude térmica, com grande percentagem de humidade relativa, entre outros. Estas estratégias devem, se justificadas, ser aplicadas no território português, de forma a minimizar o impacto da arquitectura no meio ambiente.⁶⁵

⁶⁵ Para informações sobre o clima em Portugal continental consultar o Anexo A

4.3 Orientação

Existem muitas razões que justificam a orientação de um edifício, como a paisagem, o formato do lote, a relação com a rua, entre outros. Dentro destas, uma das principais é o percurso solar. O Sol é essencial para a sobrevivência do Homem, dado que é uma fonte natural de calor (radiação infra-vermelha), iluminação (radiação luz visível), entre outros (radiação ultra-violeta). Desempenha, assim, um importante papel no conforto dos espaços. Este conforto foi sempre procurado, primeiro de uma forma mas empírica, por via experimentação, e hoje, com os avanços científicos, através de sistemas de captação avançados.

Devido à rotação e translação da Terra, os raios solares incidem de diferentes formas consoante a hora do dia, o dia do ano (Figura 10) ou a latitude. Ao 'nascer' e 'pôr-do-sol', sobretudo durante o Inverno, os raios solares percorrem uma maior extensão da atmosfera terrestre dado o seu elevado grau de obliquidade. A energia neles contida vai-se dissipando e quando incidem na superfície da Terra possuem menos intensidade. Por outro lado, ao meio dia solar⁶⁶, principalmente no Verão, dá-se o nível mais elevado de perpendicularidade dos raios solares com uma inclinação sobre a orientação Sul (no hemisfério Norte). Este momento está associado às temperaturas mais elevadas do dia assim como uma maior intensidade lumínica. No que toca à orientação Norte (no hemisfério Norte), esta recebe quase exclusivamente radiações solares indirectas (radiação reflectida pela abóbada celeste).

A diferença de intensidade solar ao longo do dia e do ano deve ser considerada pela equipa projectista, devendo esta procurar o melhor posicionamento de cada divisão de acordo com a orientação solar. Sobre a orientação Sul, devido à regularidade da incidência da radiação solar (Gráfico 15), é normal a colocação de zonas comuns e de permanência, enquanto a Norte, por não receber radiação solar directa significativa, é comum a colocação de zonas de circulação, zonas de trabalho ou zonas utilizadas pontualmente.

Uma incorrecta orientação ou organização espacial em relação ao percurso solar, compromete o conforto dos utilizadores e aumenta o gasto de energia no aquecimento, arrefecimento e iluminação dos espaços. Sendo verdade que um dos objectivos de um projecto bioclimático é a redução dos gastos energéticos, a orientação desempenha aqui um papel preponderante.

⁶⁶ O meio dia solar corresponde ao momento em que o sol se localiza no ponto mais alto no horizonte e quando os raios solares incidem com a maior perpendicularidade durante um dia e local específicos. O meio dia solar é, desta forma, diferente do meio dia civil, que se trata apenas de uma convenção.

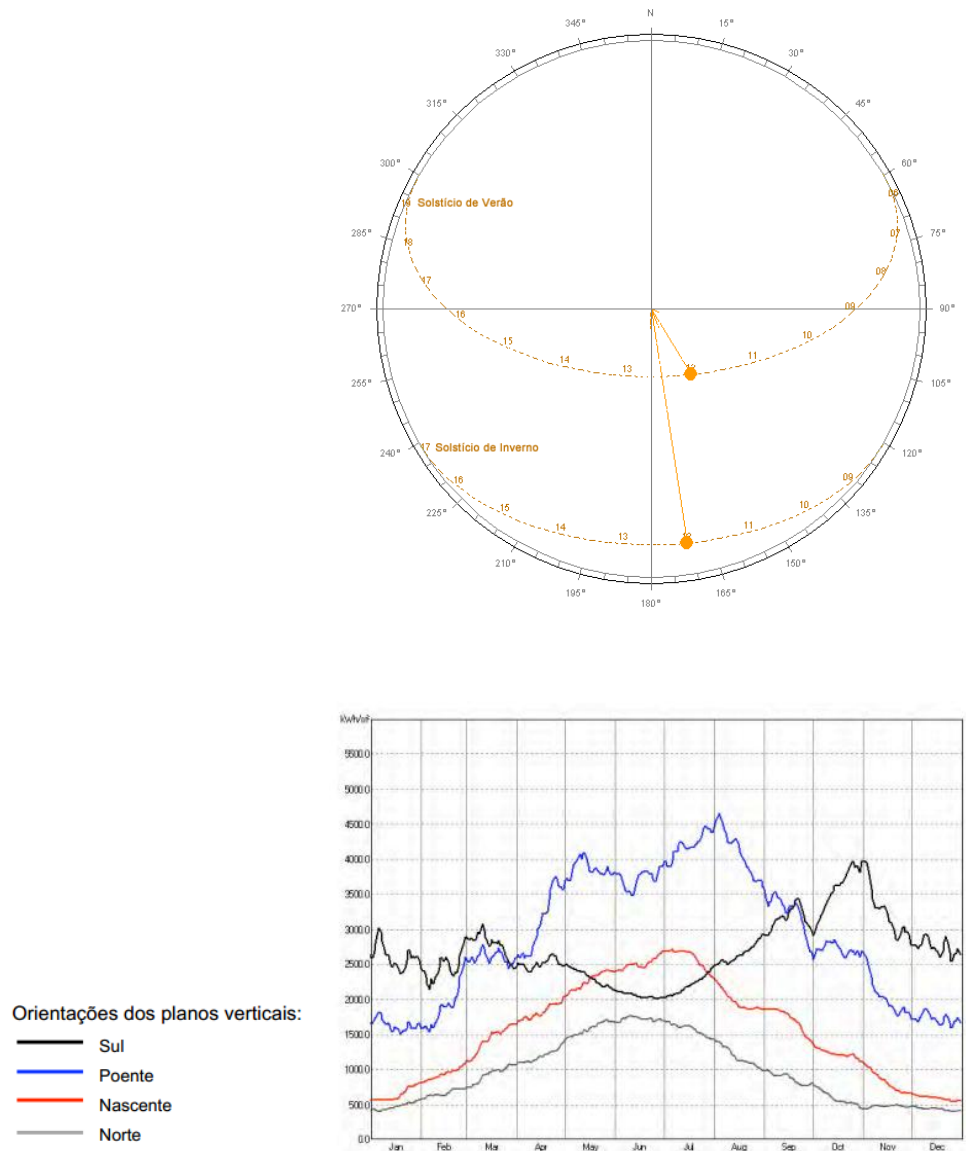


Figura 10: Estereográfico do percurso solar para Lisboa (representado os dois extremos: Solstício de Verão e Solstício de Inverno).
(fonte: ECOTECT)

Gráfico 15: Radiação solarmédiaincidente em planos verticais para o clima de Lisboa.
(fonte: Livia Tirone e Ken Nunes, 2007)

4.3.1 **Orientação dos vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados são componentes do edifício que permitem uma relação directa entre o seu interior e o exterior. Para além da vista, estes incentivam a recepção de ganhos solares directos e potenciam uma ventilação e iluminação natural. O seu dimensionamento é da maior importância para um correcto balanço energético, pelo que deve ser adequado ao percurso solar e ao clima. Deve ainda existir um equilíbrio entre áreas envidraçadas, que reagem ao clima de uma forma mais instantânea, e as opacas, que atenuam o impacto das incidências extremas do clima.⁶⁷

A orientação a sul torna-se bastante útil pois consegue receber ganhos quando os raios solares estão baixos (Inverno) e, com a ajuda de um simples sistema de sombreamento, prevenir a entrada dos raios solares quando estes estão mais altos (Verão).

Nas orientações a Nascente e Poente não se verifica uma diferença tão acentuada do ângulo solar. Por este motivo, um envidraçado colocado sobre estas orientações necessita de cuidados especiais, já que, durante o Verão, especialmente a Poente, existe o risco de sobreaquecimento por efeito de estufa. Torna-se assim relevante que o dimensionamento dos vãos nestas orientações seja mais contido e que exista um sistema de sombreamento pelo exterior.

Os vãos orientados a Norte possuem um peso significativo no balanço energético, visto que não produzem ganhos energéticos significativos. Mesmo assim, estes vãos são essenciais pois potenciam uma boa ventilação natural dos espaços, favorecem uma iluminação natural difusa (aproveitando a luz proveniente da abóbada celeste), estabelecem relações visuais com o exterior, etc.. Assim sendo, sempre que se projecte uma abertura na fachada a Norte é importante reavaliar o equilíbrio global do edifício do ponto de vista dos ganhos e das perdas energéticas.

No caso dos vãos zenitais, quando estes se aproximam de um plano horizontal permitem a entrada de muita radiação solar durante todo o ano. Em Portugal, esta radiação é bem-vinda durante os meses mais frios, porém nos meses mais quentes pode originar sobreaquecimento do espaço. Este risco pode ser mitigado através de uma ventilação natural eficiente e/ou sistema de sombreamento. Para os envidraçados zenitais que se aproximam do plano vertical, o tratamento deverá ser idêntico ao que foi anteriormente descrito, consoante a orientação solar. Todavia, como se localizam em locais de difícil acesso, é aconselhável que o vão, assim como o sistema de sombreamento, sejam passíveis de ser operados à distância (manual ou electricamente).

⁶⁷ Construção Sustentável; "Proporção Adequada das Áreas Envidraçadas" in Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges. Consultado em 2013 01 10: <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Proporcao-Adequada-das-Areas-Envidracadas>

4.4 Envidraçados

*“Penetrável pela luz e calor, e conseqüentemente difícil de controlar, a transparência é o clássico ‘ponto fraco’ do perímetro dos edifícios”.*⁶⁸

Guido Musante⁶⁹

Os envidraçados possuem características que lhes atribuíram bastante importância durante a história da arquitectura. A sua utilização tornou possível a relação entre o meio exterior e o interior dos edifícios (vistas, radiação solar, ventilação, etc.) sem que estes estivessem directamente em contacto físico. Embora o vidro seja um material indispensável para a arquitectura, este material possui um coeficiente de transmissão térmica elevado, pelo que as áreas envidraçadas são sempre, termicamente, pontos sensíveis na envolvente do edifício. Por este motivo, têm sido alvos de um grande número de investigações e desenvolvimento tecnológico de forma a restringir ganhos solares, perdas por condução, etc..

4.4.1 Características dos envidraçados

As janelas mais simples são constituídas por apenas um pano de vidro. Graças ao elevado coeficiente de transmissão térmica do vidro, estas janelas mostram-se pouco eficientes, levando a um maior gasto energético para compensar as perdas de calor no Inverno e o excesso de ganhos solares no Verão. Para contrariar isto apareceram, na década de 1950, janelas com dois panos de vidro.⁷⁰ Estas janelas, ao utilizar ar estagnado (ou outro gás como o Árgon) entre os seus planos conseguem melhorar significativamente o seu desempenho isolante, notando-se um incremento da resistência térmica da janela para cerca dobro.⁷¹ As janelas podem ser ainda constituídas por mais do que dois panos de vidro, porém a sua utilização não é prática comum. Tal facto justifica-se pelos benefícios são cada vez menores a cada pano adicionado levando a que o investimento seja cada vez menos compensatório.

68 Tradução livre de: *“Penetrable by light and heat, and consequently difficult to manage, transparency is the classic ‘weak link’ of building’s exterior”* in Guido Musante; *“Advanced claddings”* in *Domus: Special Report Green Design*, nº961; Milão: Ed. Domus S.p.A.; Setembro de 2012. p. 60

69 Guido Musante, natural de Milão, é um arquitecto, jornalista e editor para a *Domus*, uma revista internacional que aborda temas de arquitectura, design e arte.

70 Guido Musante; *“Advanced claddings”* in *Domus: Special Report Green Design*, nº961; Milão: Ed. Domus S.p.A.; Setembro de 2012. p. 61

71 Jorge Filipe da Cruz Sirgado; *“Análise do impacte dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios”*; Lisboa: IST; Outubro de 2010. P.15 Consultado em 2012 01 05: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/738335/1/dissertacao.pdf>

Para além da adição de panos de vidro e do estudo do efeito isolador de diferentes gases, tem-se vindo a realizar uma ampla investigação sobre as qualidades do vidro. Exemplo disso é o vidro com controlo solar, vulgarmente designado como vidro colorido (Figura 11). Este vidro apresenta um menor factor solar⁷² devido ao aumento da reflexão da radiação do sol. Por este motivo, este vidro deve ser apenas utilizado em climas onde o Verão seja severo e o Inverno suave, de modo a que os benefícios alcançados no primeiro compense a diminuição dos ganhos solares no segundo.⁷³

Surgiram também, a partir da década de 1960⁷⁴, várias películas que se adicionam aos panos de vidro de modo a aumentar a reflexão da radiação solar (Figura 12), repelir os raios UV, reduzir a emissividade etc.. O vidro pode ainda, de modo a restringir a entrada de radiação solar para o interior do edifício, ser serigrafado (Figura 13).

Em termos de caixilharias, a escolha do material, para além de ser importante para determinar algumas características da janela (espessura do caixilho, relação entre caixilho e área envidraçada, durabilidade, peso, etc.), desempenha ainda um importante papel no desempenho térmico da janela.⁷⁵

O alumínio é de um material leve, forte, durável, não corrosivo e versátil. A sua superfície é habitualmente tratada através da anodização ou termolacagem, que lhe conferem, em ambos os casos, uma maior durabilidade com reduzida manutenção. Todavia, este metal possui uma elevada condutibilidade térmica ($10.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; com a utilização de perfis com corte térmico o valor pode descer para metade).

A madeira possui um desempenho bastante bom, possuindo uma condutibilidade térmica aproximadamente entre 2.0 a $2.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Todavia, trata-se de um material que exige uma grande manutenção e que possui uma fraca durabilidade. Por este motivo, a madeira é mais utilizada em reabilitações de edifícios antigos (Figura 14), de forma que se mantenha o carácter do edificado.

72 Factor solar corresponde ao coeficiente de transmissão de energia solar.

73 *Ibidem*: 19

74 Ano no qual foi realizada a patente sobre as películas de vidro pela empresa 3M.

75 *Ibidem*: 23

O PVC é outro material utilizado em caixilhos que começa a ser bastante empregado nas construções novas. Trata-se de um plástico bastante versátil, com um bom grau de isolamento e de resistência a impactos mecânicos e que não exige uma manutenção periódica muito elevada. Para conferir às janelas uma boa estabilidade estrutural, torna-se necessário que as secções do caixilho sejam um pouco maiores (tal como com os caixilhos de madeira) quando comparados com os caixilhos de alumínio. O coeficiente de transmissão térmica destes caixilhos ronda os $1.7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Existem ainda no mercado caixilhos híbridos, compostos por dois ou mais materiais. A utilização destes caixilhos torna-se numa opção bastante atractiva quando se pretende obter uma boa resistência aos agentes agressivos e ambiente, utilizando-se, por exemplo, alumínio ou PVC na face exterior, conjugado com preocupações estéticas, através da utilização de, por exemplo, madeira, na face interior.

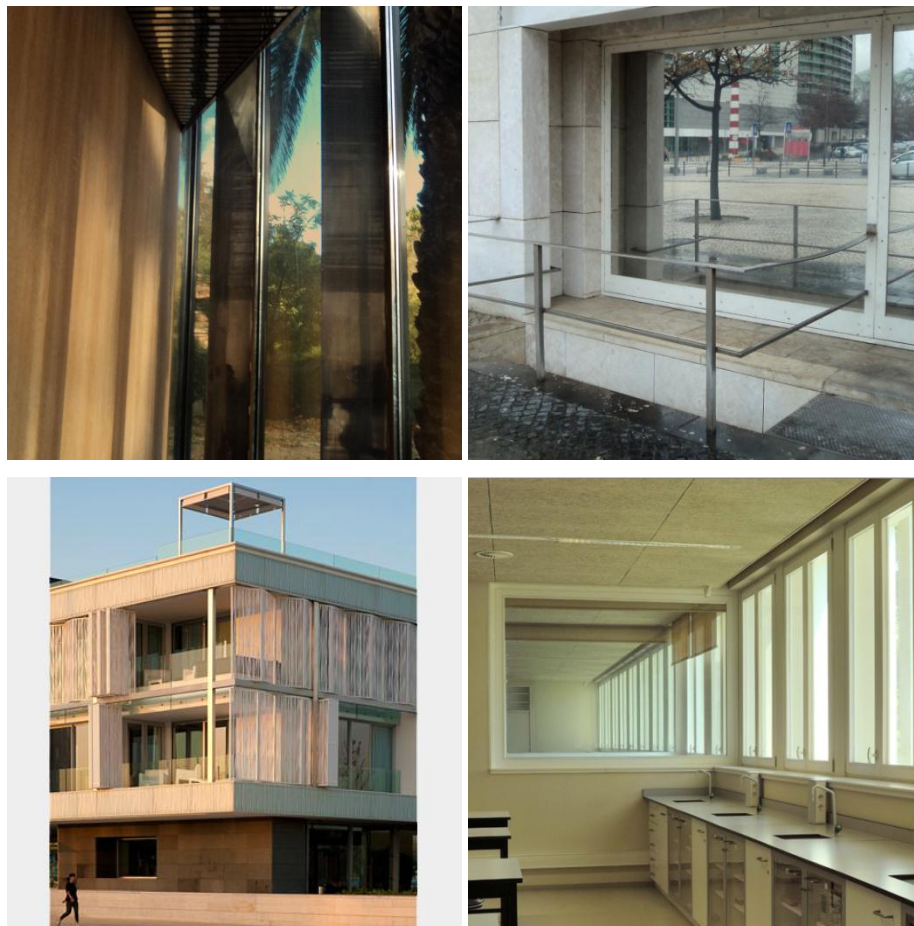


Figura 11: Fotografia de vidro colorido na reabilitação do Teatro Thalia, Lisboa.
Gonçalo Byrne Arquitectos.
(fonte: autoria própria)

Figura 12: Fotografia de película reflectora do pavilhão de Portugal para a EXPO98, Lisboa
Álvaro Siza Arquitecto
(fonte: autoria própria)

Figura 13: Fotografia de vidro serigrafado no Altis Belém Hotel & Spa, Lisboa
Risco - FSSMHN Arquitectos.
(fonte: Fernando Guerra, *Ultimasreportagens*, 2009)

Figura 14: Fotografia de caixilho de madeira na reabilitação da Escola Francisco de Arruda, Lisboa
José Simões Neves, Gabinete de arquitectura.
(fonte: Laura Castro Caldas e Paulo Cintra)

4.5 Materialidade

A escolha dos materiais a utilizar na construção ou intervenção de um edifício deverá ter em conta as estratégias bioclimáticas definidas previamente.

Os materiais possuem características inerentes que os tornam únicos. Colocando o aspecto estético de parte, estes respondem de formas diferentes ao ambiente em que estão expostos. Uma das suas características mais relevantes, quando se aborda a eficiência energética de um edifício, é a condutibilidade térmica (λ), que depende da espessura, humidade, temperatura e densidade do material em causa.⁷⁶ Assim, quanto mais denso for um material (menos ar na sua composição) maior é a sua condutibilidade térmica. Por outro lado, quanto menor for a densidade de um material, menor é a sua condutibilidade térmica, funcionando assim como isolante térmico.

*“Os aspectos construtivos da arquitectura nunca foram tão incrivelmente estratégicos”.*⁷⁷

Roberto Zancan⁷⁸

4.6 Isolantes térmicos

É importante frisar que não existe nenhum isolamento térmico perfeito já que, seja qual for o material ou conjunto de materiais, estes conduzem sempre algum calor. Desta forma, designa-se por isolante térmico um material que se caracteriza pela sua alta resistência térmica (Tabela 02). Estes materiais criam uma barreira à passagem do calor entre dois meios que naturalmente tenderiam a igualar as suas temperaturas.

76 Lurdes Belgas; *“Isolamento térmico: processos gerais de construção”*; Tomar: Instituto Politécnico de Tomar, ESTT - Departamento de Engenharia Civil; p. 04. Consultado em 2013 01 02: http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136__Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf

77 Tradução livre de: *“Constructive aspects of architecture and design have never been so incredibly strategic.”* in Roberto Zancan; *“Editorial”* in *Domus: Special Report Green Design*, nº961; Milão: Ed. Domus S.p.A.; Setembro de 2012. p. 03

78 Roberto Zancan (1964), natural de Itália, finalizou o seu doutoramento no Instituto de Arquitectura da Universidade de Veneza. Foi professor na Escola de Paisagismo da Universidade de Montreal, um dos membros fundadores do laboratório de multimédia profissional de arquitectura e urbanismo zD6 e investigador associado no Centro Canadense de Arquitectura. Actualmente é vice-presidente da revista Domus.

O melhor isolante térmico é o vácuo, porém, devido à dificuldade associada à sua implementação e preservação, é empregado em poucas ocasiões. Assim sendo, o melhor isolante térmico utilizado comumente é o ar, seco e estagnado, graças à sua baixa condutividade e baixo coeficiente de absorção da radiação.

Torna-se necessário, para garantir uma boa capacidade estrutural de um edifício, a utilização de materiais densos. Porém, como verificado anteriormente, os materiais densos tendem a ter uma elevada condutividade térmica (Gráfico 16), sujeitando o espaço interior às variações térmicas diárias e sazonais do ambiente exterior. Para que o conforto destes espaços não seja comprometido, é prática comum o revestimento da envolvente dos edifícios com isolamento térmico. As vantagens desta estratégia são tão comprovadamente evidentes que a sua execução é, inclusivamente, obrigatória⁷⁹ na regulamentação portuguesa em vigor.⁸⁰

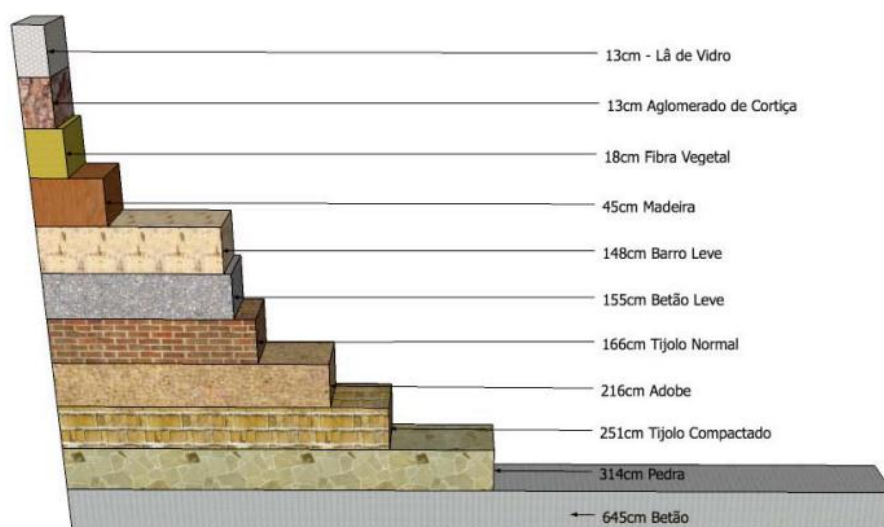
Como o melhor isolante térmico utilizado na prática é o ar estagnado e seco, são utilizados materiais porosos e fibrosos, ambos capazes de o imobilizar nestas condições no seu interior (Gráfico 16). Pode-se também conjugar, na composição das paredes, uma caixa-de-ar, que faz diminuir consideravelmente o factor U (enquanto que uma parede de tijolo maciço de 22 cm de espessura, tem sensivelmente um factor U de $2.25 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, uma parede constituída por duas fiadas de tijolo maciço de 11 cm de espessura, separadas por uma caixa de ar de 3 cm de espessura, possui aproximadamente um factor U de $1.65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ⁸¹). Desta forma, o isolamento térmico em edifícios desempenha um papel fundamental na economia de energia.⁸²

79 A obrigatoriedade na utilização de isolamentos térmicos projectos de construção nova ou projectos de grandes reabilitação de edifícios e é imposta pela Portaria nº. 80/2006 de 4 de Abril, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Versão online em: <http://www.rccte.com/ficheiros/rccte.pdf>

80 Lurdes Belgas; *“Isolamento térmico: processos gerais de construção”*; Tomar: Instituto Politécnico de Tomar, ESTT - Departamento de Engenharia Civil; p. 05. Consultado em 2013 01 02: http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136__Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf

81 *Ibidem*: 07

82 Tradução livre de *“El aislamiento térmico en la construcción de viviendas y edificaciones juega un rol fundamental para el futuro ahorro de energía.”* in *“Aislamiento Térmico y Acústico”* in *Revista Frío y Calor*, nº82. Consultado em 2012 12 29: <http://www.frioycalor.cl/82/tema3.htm>



Tipo de Isolamento	Poliestireno Expandido	Poliestireno Extrudido	Espuma de Poliuretano	Lã de Vidro	Lã de Rocha	Aglomerado Negro de Cortiça
Origem	Sintética	Sintética	Sintética	Mineral	Mineral	Vegetal
Resistência ao Fogo	E	E	F	A1	A1	E
Densidade (Kg/m ³)	25	33	32	31-45	71-90	100-150
Condução Térmica (W/m.°C)	0.033	0.033	0.023	0.034	0.038	0.039
Isolamento Sonoro	Mau	Mau	Mau	Bom	Bom	Bom
Propriedades específicas para 5 centímetros de material isolante						
Coef. de Transferência de calor (W/m ² .°C)	0.00200	0.00175	0.00150	0.00225	0.00225	0.00225
Peso(Kg/m ²)	1.3	1.6	1.8	0.5	1.4	6.3
Custo (€/m ²)	25	33	32	31 - 45	71 - 90	100 - 150

Gráfico 16: Comparação da espessura de diferentes materiais para alcançarem resistências térmicas idênticas
(fonte: Luís Calixto, 2012)

Tabela 02: Características dos isolamentos térmicos mais utilizados.
(fonte: autoria própria baseado em João Labrincha, 2006)

4.7 Inércia térmica

“Em pleno Verão, todos conhecemos a sensação de frescura quando entramos numa igreja construída com paredes maciças em granito e, no Inverno, a sensação, também de conforto, em que o interior da mesma está a uma temperatura superior ao frio que faz no exterior. Este é o efeito da inércia térmica em pleno funcionamento”.⁸³

A inércia térmica deve ser utilizada em climas onde haja uma amplitude térmica diária média ou elevada. Através da utilização de materiais densos, como é o caso da pedra, do betão, tijolo, rebocos, entre outros, criam-se elementos com uma grande capacidade de armazenamento de calor que conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade térmica.

Quando o edifício recebe radiação solar directa, vai aquecendo, pelo que pode causar algum desconforto para os seus ocupantes. Se o edifício for composto por elementos com grande inércia térmica devidamente isolados do ambiente exterior, parte do calor excessivo é então absorvido, fazendo com que o edifício fique mais confortável.

A aplicação desta medida em Portugal, assim como na restante faixa de clima mediterrânico, é uma medida essencial para a optimização do desempenho energético-ambiental de edifícios, pois esta consiste numa fonte de energia térmica estabilizadora constante.⁸⁴

4.8 Coloração

A cor também desempenha um importante papel na resposta do material ao ambiente externo. Um material com tons claros ou pastéis tende a reflectir mais a radiação solar enquanto que uma cor mais escura tende a absorvê-la. Isto tem especial empenho na construção de chaminés de luz (onde são utilizados túneis brancos para reflectir a luz), em paredes de Trombe (onde é tirado partido do efeito de estufa entre uma janela e uma parede preta para absorver mais calor), entre outros, temas abordados no capítulo seguinte.

⁸³ Construção Sustentável; “Proporção Adequada das Áreas Envidraçadas” in Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges. Consultado em 2013 01 10: <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Inercia-Termica>

⁸⁴ *Ibidem*

4.9 Impacto dos materiais

Um aspecto a considerar em todos os projectos é o impacto que os materiais possuem no ambiente. A utilização de materiais naturais possui a vantagem de não necessitarem de sofrer grandes alterações ou transformações até chegarem ao produto final. Deste modo, o impacto na sua fabricação é muito menor, quando comparado com os materiais artificiais. Todavia, por vezes, a utilização de materiais artificiais traz vantagens, como o reaproveitamento de restos de matéria prima (que de outra forma iriam para aterros) ou o melhoramento de algumas características, quando comparado com um material natural.

A escolha dos materiais deve também ter em conta o seu transporte. Com a globalização, o transporte de materiais oriundos de países longínquos tornou-se bastante mais fácil e barato (em termos económicos). Este facilitismo abriu muitas possibilidades, porém, estas devem ser bastantes estudadas. Sempre que possível é aconselhável a utilização de materiais locais de modo a diminuir a energia despendida no seu transporte.

Deve-se ainda aplicar a regra da redução, reutilização e reciclagem de materiais. A partir de uma gestão cuidada torna-se possível reduzir os desperdícios que ocorrem nos estaleiros. É também ideal reutilizar materiais que ainda possuem capacidades de serem usados. Para além de ser um desafio criativo, evita-se assim o impacto inerente à sua fabricação. Noutros casos, em que os materiais não têm capacidade de voltarem a ser usados, devem ser reciclados, reduzindo o impacto relativo à obtenção da matéria-prima, assim como o volume dos aterros.

Torna-se urgente começar a contabilizar não apenas a factura económica dos edifícios mas também o seu impacto no meio ambiente. “Devemos apenas explorar recursos naturais provenientes de ecossistemas bem geridos, utilizando-os da forma mais eficiente e produtiva, exercendo cautela em todas as modificações que fazemos à natureza”.⁸⁵

85 Karl-Henrik Robert citado em TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007; p. 41

Capítulo 5

Arquitectura Bioclimática: Sistemas passivos

*“O desenho solar passivo poderá melhorar o desempenho energético do edifício em três áreas: aquecimento e arrefecimento e iluminação do edifício. A importância relativa de cada uma dessas áreas para as economias de energia varia consoante o local e a função do edifício”.*⁸⁶

AA.VV.

5.1 Categorização dos sistemas passivos

Os sistemas passivos são dispositivos construtivos, integrados nos edifícios, cujo objectivo é melhorar o conforto dos utilizadores utilizando energia proveniente da natureza.

Dependendo da estação do ano, as estratégias bioclimáticas alteram-se. Durante o Inverno, consistem na minimização das perdas por condução (isolamento térmico eficiente) e de convecção (minimização de infiltrações) e na maximização de ganhos solares. Nesta última estratégia, os sistemas de aquecimento passivo podem ter um papel importante no seu cumprimento.

As estratégias bioclimáticas normalmente aplicadas durante o Verão, prendem-se na minimização dos ganhos por condução (isolamento térmico eficiente) e por radiação (bom sombreamento), na maximização de perdas por condução (ventilação natural, solo) e em potenciar o arrefecimento evaporativo, assim como a massa térmica. Excluindo a minimização dos ganhos por condução, os sistemas de arrefecimento passivo podem contribuir, de uma forma positiva, para o seu sucesso.

Outra estratégia bioclimática, adequada para todo o ano, é a distribuição uniforme de luz nas divisões dos edifícios e a redução dos riscos de ofuscamento por parte dos seus utilizadores. Neste sentido, os sistemas de iluminação passiva podem ser preponderantes para a sua execução.

Todos os sistemas passivos, quando utilizados num contexto adequado, conseguem contribuir para o cumprimento destas estratégias, contribuindo para o alcance de níveis elevados de conforto e, desta forma, diminuindo a necessidade de utilização de sistemas mecânicos.

86 AA. VV.; *A Green Vitruvius – princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*. Lisboa: Ed. Ordem dos Arquitectos; 2001. p.03

5.2 Sistemas de aquecimento passivo

Os sistemas de aquecimento passivo são aqueles que utilizam energia renovável, normalmente proveniente do Sol, para aquecer os espaços. Para que o sistema funcione correctamente, deve considerar-se o seu comportamento durante todo o ano, dado que a sua implementação pode trazer benefícios no Inverno e prejuízos no Verão. Existem três tipos de sistemas genéricos para a implementação do aquecimento passivo, que podem ser classificados como ganho directo (envidraçados), ganho indirecto (paredes de Trombe) e ganho isolado (estufas).

5.2.1 Ganhos directos

Os sistemas de aquecimento passivo por ganho directo consistem naqueles que permitem a entrada de radiação solar directamente no espaço a aquecer (Figuras 15 e 16). Para tal, são utilizados envidraçados que devem ser orientados e dimensionados consoante o clima e a localização. Estes tipos de sistemas apresentam vantagens, como o elevado rendimento energético comparativamente com outros sistemas passivos (dado que a energia perdida por absorção e reflexão é mínima), possui um baixo custo construtivo, ilumina naturalmente o espaço interior, estabelece uma relação visual com o exterior e possui uma elevada flexibilidade na concepção arquitectónica. Por outro lado, estes sistemas possuem também desvantagens como o comprometimento da privacidade, a possibilidade de iluminação excessiva e sobreaquecimento do espaço interior, a possibilidade de degradação e descoloração dos materiais no interior do compartimento, a possibilidade de ocorrerem assimetrias na temperatura interior, entre outros.⁸⁷

87 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: *Habitar sob uma segunda pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-8 e 5-9. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

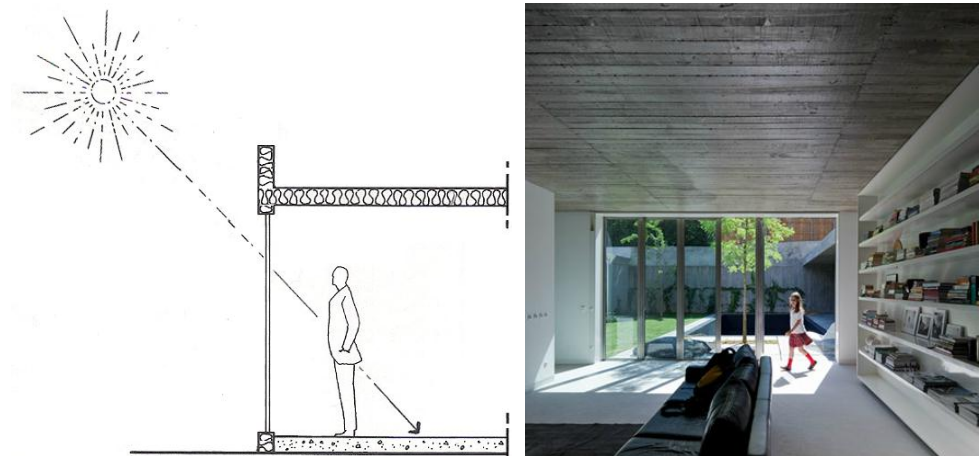


Figura 15: Esquema de sistema de aquecimento passivo por ganho directo.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 16: Fotografia do interior de uma das casas em Santa Isabel, Lisboa.
Bak Gordon Arquitectos.
(fonte: Fernando Guerra, *Ultimasreportagens*, 2009)

5.2.2 Ganhos indirectos

Os sistemas de aquecimento passivo por ganho indirecto são aqueles que permitem a transferência da energia solar para o interior do espaço sem que esta entre directamente nele.

A transferência de calor pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação (ou não) do ar que for adoptada.⁸⁸ Os espaços onde se encontram estes sistemas podem tirar partido do desfasamento sobredito, acumulando o calor durante as horas quentes do dia e depois libertar esse calor ao final da tarde e início da noite, reduzindo as necessidades de aquecimento desse espaço. Os sistemas de aquecimento passivo por ganho indirecto ainda possuem as vantagens de permitirem um controlo mais rigoroso e uniforme sobre a administração de calor no espaço interior, a possibilidade de actuarem como aquecedores no Inverno e refrigeradores no Verão e evitarem problemas de degradação de materiais. Existem, porém, alguns inconvenientes, como a ocupação de área habitável e o impedimento da relação visual interior-exterior que obriga à abertura de vãos envidraçados de dimensões maiores noutras fachadas. As perdas térmicas nocturnas costumam ser elevadas e o isolamento é, em alguns casos, de difícil instalação e manutenção.⁸⁹

5.2.2.1 Paredes de Trombe

As paredes de Trombe têm especial utilidade durante as estações frias. Estas funcionam como radiadores gratuitos, pois têm a capacidade de captar energia térmica proveniente do Sol e transmiti-la posteriormente para o espaço a aquecer.

Embora denominadas como Trombe num sentido lato, estas paredes podem possuir algumas variações que alteram ligeiramente o seu funcionamento. Assim sendo, existem quatro tipos de paredes, nomeadamente, parede acumuladora, parede dinâmica, parede de Trombe e parede de água.

88 GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João (2004) *“Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”*; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. p. 35 e 36. Consultado em 2013 01 07: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

89 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: *HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-18. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

5.2.2.1.1 Parede acumuladora

A parede de armazenamento térmico sem orifícios de termocirculação é denominada parede acumuladora ou parede de Trombe não ventilada.⁹⁰ A sua utilização é particularmente positiva no contexto climático Mediterrânico.⁹¹

Este sistema é constituído por uma parede com grande capacidade de acumulação de calor, por uma caixa-de-ar (entre 5 a 20 cm de forma a potenciar o efeito de estufa e evitar as perdas por radiação) e por um vidro ou outro material transparente ou translúcido (Figura 18).⁹² Devido às altas temperaturas geradas na caixa-de-ar, desenvolve-se um fluxo de calor que se transfere, por condução, para a parede acumuladora. Posteriormente, este calor é levado para espaço interior por radiação. Para aumentar a eficácia deste sistema, a face exterior da parede acumuladora deverá ser de cor escura pois, como visto anteriormente, cores escuras potenciam uma maior absorção térmica. A orientação a privilegiar é a Sul porque, para além de garantir um melhor desempenho durante o Inverno, durante o Verão, através de um elemento de sombreamento, torna-se simples evitar ganhos excessivos.

Embora a sua utilização contribua para a redução dos gastos energéticos de aquecimento (podendo satisfazer até 15% das necessidade no Inverno)⁹³, o seu rendimento pode ser comprometido por períodos frios e nublados. Nestes casos, é possível inverter o sistema, ou seja, aumentar as perdas de calor. Para além disto, a distribuição do calor no espaço interior realiza-se de uma forma pouco uniforme, dado que existe uma parede com uma transmissão de calor radiante muito elevada, enquanto que as restantes superfícies se encontram frias (Figura 17).

Mesmo assim, este sistema é bastante atractivo e a sua integração na arquitectura é relativamente simples. Visto pelo lado exterior, aparenta ser uma janela e, pelo interior, assemelha-se a uma parede comum (Figura 19).

90 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-13. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

91 Construção Sustentável; "Paredes Trombe" in Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges. Consultado em 2013 01 07: <http://construcaosustentavel.pt/index.php?O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Paredes-Trombe>

92 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-13. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

93 Construção Sustentável; "Paredes Trombe" in Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges. Consultado em 2013 01 07: <http://construcaosustentavel.pt/index.php?O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Paredes-Trombe>

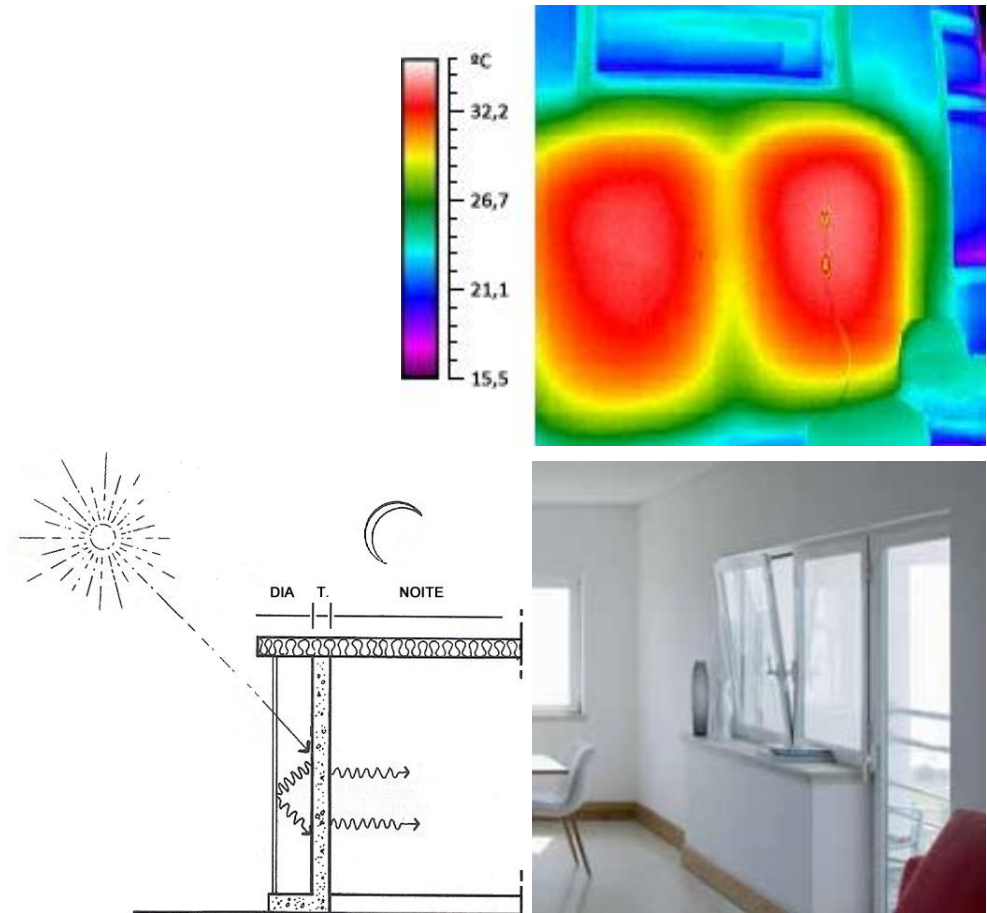


Figura 17: Imagem da radiação Infravermelha de uma parede acumuladora às 20h.
(fonte: Torcellini, P.; Pless, S., 2004)

Figura 18: Esquema faseado (dia, intervalo de tempo e noite) do funcionamento de uma parede acumuladora.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 19: Fotografia de uma parede acumuladora vista pelo interior no edifício Torre Verde.
Tirone Nunes Arquitectura, Ida.
(fonte: Tirone, Nunes, 2007)

5.2.2.1.2 Parede dinâmica

A parede dinâmica (Figura 20) consiste num sistema que combina a ventilação com o efeito de estufa. Trata-se de uma parede de armazenamento, com a particularidade de aquecer o ar exterior e de o encaminhar para o espaço interior. Desta forma, o aquecimento do espaço dá-se de uma forma mais uniforme. Durante os períodos sem ganhos, a abertura de ventilação deverá ser encerrada. Nesta situação, a parede fica a aquecer por radiação, tal como a parede acumuladora.

5.2.2.1.3 Paredes de Trombe

A parede de Trombe consiste num sistema combinado de acumulação de calor por radiação e convecção através da aplicação de aberturas na partes inferior e superior (Figura 22).

Este sistema torna-se bastante versátil já que permite o aquecimento de um espaço durante a noite (caso os orifícios de termocirculação estejam fechados), como verificado na parede acumuladora, ou então durante o dia (caso os orifícios de termocirculação estejam abertos), como verificado na parede dinâmica.

Durante os dias de Inverno, o ar frio do espaço entra pelo orifício inferior, é aquecido na caixa-de-ar e, ao voltar a entrar no espaço (a partir do orifício superior), aquece-o (Figura 21). Por outro lado, durante as noites de Inverno é aconselhado o encerramento de todos os orifícios, assim como a utilização de um dispositivo de oclusão. Deste modo, as perdas de calor do espaço interior são reduzidas. Durante os dias de Verão, todos os orifícios deverão estar fechados e deverá ser previsto o sombreamento do sistema. No período nocturno, de modo a arrefecer a parede mais rapidamente, os orifícios exteriores deverão ser abertos. A parede de Trombe pode ainda funcionar como uma bomba de ar, favorecendo a ventilação natural do edifício. Para tal, basta abrir o orifício interior inferior e o superior exterior.⁹⁴

A correcta utilização deste sistema é da maior importância para melhorar o desempenho energético-ambiental do edifício. Se tal não for feito, este sistema poderá, inclusivamente, piorar este desempenho.

94 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-15 e 5-16. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

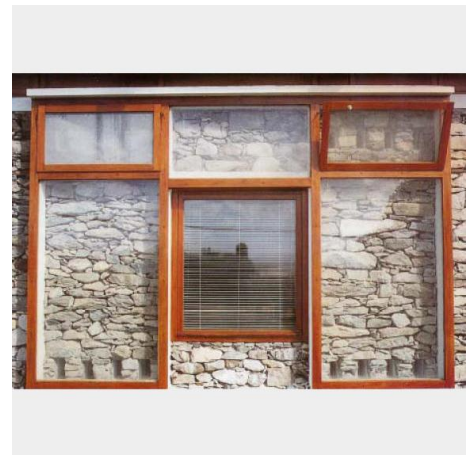
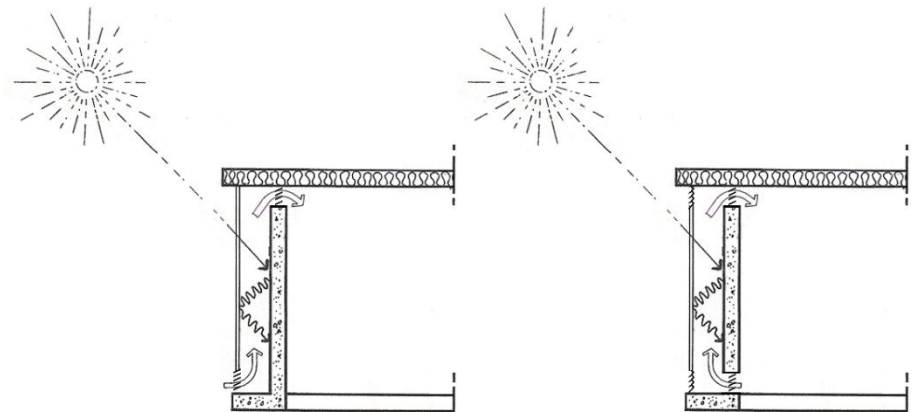


Figura 20: Esquema do funcionamento de uma parede dinâmica.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 21: Esquema do funcionamento de uma parede de Trombe (durante um dia de Inverno).
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 22: Fotografia de uma parede de Trombe Casa Schäfer, Porto Santo.
Arquitecto Günther Ludewig.
(fonte: Mateus, 2004)

5.2.2.1.4 Parede de água

Neste sistema, a água é o elemento de armazenamento térmico. Esta tem uma capacidade de armazenamento de calor dez vezes mais elevada do que as paredes de alvenaria de tijolo furado e cinco vezes superior à do betão.⁹⁵ Neste sentido, para armazenar a mesma quantidade de energia, é necessário ocupar menos espaço.

Para que este sistema funcione, a água deverá ser contida em recipientes estanques, preferencialmente de cor escura (de modo a maximizar a absorção de radiação solar). Como a água tem uma elevada capacidade de armazenamento e condutibilidade térmica, a transferência de calor absorvido para o espaço a aquecer é, ao contrário da parede de Trombe, bastante rápida. Tal facto pode obrigar a um controle adicional da distribuição do calor, como por exemplo, isolando a armazenagem de calor durante o dia e retirando este isolamento à noite, ou então alterando a espessura e dimensão dos contentores utilizados. Todos estes factos levam a que não exista uma espessura óptima para uma parede de água.⁹⁶

Esta parede possui outros cuidados especiais, nomeadamente, a adição de diversos óleos e outros produtos para prevenir o congelamento da água e a corrosão dos recipientes. Ainda deverá ser tida em conta a dilatação da água ao aquecer, pelo que os recipientes não deverão ser totalmente cheios (cerca de 90%). Existem ainda sistemas de água em coberturas, que seguem os mesmos princípios. Todos estes sistemas apresentam o inconveniente do perigo de derrame da água depositada, assim como algum ruído gerado pela dilatação da água sobre as paredes dos depósitos.

⁹⁵ Mitjá (1986) citado *in Ibidem*: 5-16

⁹⁶ Mitjá (1986) citado *in Ibidem*: 5-16: "Todavia, a partir dos 15cm de espessura, o incremento da eficácia não é significativo comparado com o sobrecusto e a perda de espaço habitável que implica (Mitjá 1986).

5.2.3 Ganhos isolados

Os sistemas de aquecimento passivo por ganho isolado são aqueles onde a captação e armazenamento da energia solar se realiza num espaço ou num elemento separado da zona habitável do edifícios. Como exemplos destes sistemas existem as estufas e o termosifão.

5.2.3.1 Estufas

As estufas combinam os efeitos de ganho directo e indirecto: a energia solar captada é transmitida ao espaço adjacente à estufa, por condução através da parede de armazenamento que os separa, e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitem a circulação de ar.⁹⁷ Existem vários tipos de estufas, entre elas as principais são a estufa adossada, a estufa integrada e a estufa fechada (Figura 25).

5.2.3.1.1 Estufa adossada

A estufa adossada (Figura 23 e 24) partilha apenas uma parede com o edifício. Desta forma, apresenta muita flexibilidade para a concepção arquitectónica devendo, no entanto, possuir uma orientação a Sul. Ao estar adossada ao edifício, estas estufas possuem quatro faces em contacto com o exterior (uma fachadas frontal, duas laterais e uma cobertura). É aconselhável a minimização da área das fachadas laterais e cobertura, pois prejudicam o desempenho do sistema, dado que aumentam a perda de calor no Inverno e sobreaquece no Verão. Este facto faz com que estas estufas, pelo menos para o clima temperado português, sejam menos indicadas do que as estufas integradas.⁹⁸

97 GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João (2004) *“Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”*; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. p. 38. Consultado em 2013 01 08: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

98 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: *HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-22 e 5-25. Consultado em 2013 01 07: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

5.2.3.1.2 Estufa integrada

A estufa integrada possui apenas uma face em contacto com o exterior. Tal facto atribui a esta várias vantagens, como a redução das perdas térmicas, maior facilidade de transferência para o interior (devido à maior área de contacto), a redução de custos, etc..⁹⁹ De forma a melhorar o balanço térmico do edifício, a estufa deverá ser alongada e não muito profunda. Um tipo comum de estufa integrada é a varanda envidraçada, vulgarmente designada por “*marquise*”, que se encontra com bastante frequência nos centros urbanos.

5.2.3.1.3 Estufa fechada

A estufa fechada destinge-se das restantes por ser rodeada por compartimentos, estabelecendo a relação com o exterior a partir da cobertura. Exemplos comuns deste sistema são os vãos de escada dos edifícios de habitação colectiva. O desempenho deste tipo de estufa pode ser potenciado em edifícios de poucos pisos e muito horizontais.

5.2.3.2 Termossifão

Num sistema de termosifão, a captação, absorção e armazenamento de energia realizam-se em espaços completamente independentes do edifício. O ar aquecido é introduzido através de condutas, por efeito de termosifão¹⁰⁰, directamente no espaço habitável, ou então num elemento de armazenamento térmico (habitualmente um leito de brita sob espaço habitável). No segundo caso, as trocas térmicas são estabelecidas através de outras condutas: uma que leva o ar frio do espaço para o elemento de armazenamento térmico e outra que leva o ar já aquecido para o interior do espaço.

⁹⁹ Mitjá (1986) citado *in Ibidem*: 5-27

¹⁰⁰ O efeito termosifão baseia-se na diminuição da densidade dum fluido ao aumentar a sua temperatura. Desta forma, o ar ao aquecer tem tendência a subir e o seu lugar ocupado por ar mais frio.

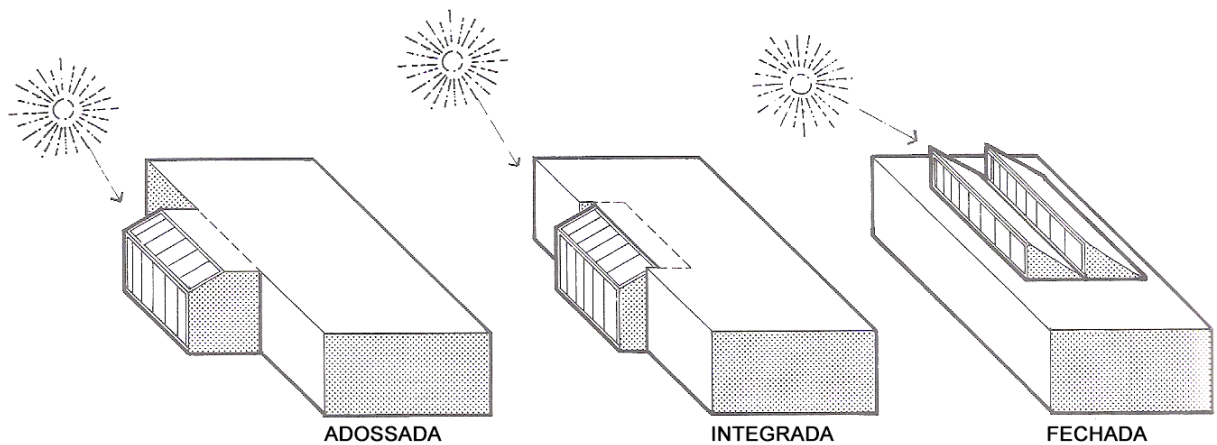


Figura 23: Fotografia durante o Inverno da Casa Vale Rosal, Charneca da Caparica.
Arquitecto Fausto Simões.
(fonte: Fausto Simões, 2010)

Figura 24: Fotografia durante o Verão da Casa Vale Rosal, Charneca da Caparica (sebe utilizada como e.s.).
Arquitecto Fausto Simões.
(fonte: Fausto Simões, 2010)

Figura 25: Esquema das possíveis relações entre uma estufa e um edifício.
(fonte: Lechner, 2006)

5.3 Sistemas de arrefecimento passivo

Os sistemas de arrefecimento passivo são aqueles que utilizam energia renovável para arrefecer os espaços. Tal como nos sistemas de aquecimento passivo, para que a sua implementação seja adequada, deve se considerar o seu comportamento durante todo o ano. Existem três tipos de implementações de sistemas arrefecimento passivo, nomeadamente através de perda directa (sombreamento, ventilação natural), perda indirecta (radiação nocturna) e perda isolada (arrefecimento a partir de zonas separadas).

5.3.1 Perdas directas

Os sistemas de arrefecimento por perda directa consistem naqueles que evitam a entrada de radiação ou que recorrem a fontes frias (vento, água, solo) para diminuir a temperatura no interior dos edifícios, sem utilizar elementos de massa térmica. A adopção destas soluções, que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor, e estratégias, que dêem origem a processos de dissipação de calor, contribuem, naturalmente, para a melhoria das condições de conforto térmico.

5.3.1.1 Elementos de sombreamento

Como verificado anteriormente, a radiação solar incide sobre a superfície da Terra em diferentes ângulos ao longo do dia e do ano. Se um edifício for desenhado de modo a que existam níveis de conforto aceitáveis durante os momentos mais frios (noite, Inverno), é normal que nos momentos mais quentes (meio dia solar, Verão) exista um excesso de radiação solar no seu interior. Este excesso de radiação pode levar ao sobreaquecimento dos espaços, assim como desconforto lumínico, pelo que se torna necessário preveni-lo.

Existe uma ampla e complexa diversidade de elementos e sistemas de sombreamento no mercado. Normalmente, estes categorizam-se consoante a sua posição em relação ao edifício (interior ou exterior) e possibilidade de manuseamento (fixo ou móvel).

5.3.1.1.1 Elementos de sombreamento interiores

Os elementos de sombreamento internos impedem a entrada de luz em excesso na área útil dos espaços. Por se localizarem no interior dos edifícios, estes elementos tendem a ser mais baratos do que os elementos de sombreamento externos dado que, por estarem num ambiente mais protegido e com menos variações, não necessitam de ser tão robustos. Exemplo disso são as cortinas e cortinados de tecido ou telas (Figura 26). A principal desvantagem destes elementos consiste no facto de não impedirem a entrada da radiação solar no edifício, podendo ocorrer o sobreaquecimento do espaço por via do efeito de estufa.

5.3.1.1.2 Elementos de sombreamento exteriores

Os elementos de sombreamento exteriores (Figura 27) possuem a grande vantagem de evitar a entrada de radiação solar no interior do edifício, podendo chegar a reduzir os ganhos de calor até 80%.¹⁰¹ Desta forma, para além de evitarem o excesso do fluxo luminoso, também evitam o sobreaquecimento dos espaços. Estes elementos podem possuir ainda um papel decisivo na caracterização estética da fachada de um edifício, facto que não deve ser ignorado pela equipa projectista. Embora possuam grandes vantagens, estes sistemas são por vezes colocados de parte por serem mais dispendiosos na instalação e manutenção. A diferença de preço é justificada pela necessidade de serem utilizados materiais que resistam às condições mais adversas do ambiente exterior. Frisa-se que, embora o custo inicial seja desmotivador, a longo prazo pode revelar-se um investimento rentável, já que durante o Verão potencia a redução dos gastos energéticos no arrefecimento do edifício.

Num clima como o de Portugal, onde existe uma grande exposição solar, um elemento exterior é mais adequado para o sombreamento, embora um elemento de sombreamento interior possa funcionar como um bom complemento, principalmente no controlo lumínico.¹⁰²

101 AA.VV.; A Green Vitruvius – princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável. Lisboa: Ed. Ordem dos Arquitectos; 2001. p.101.

102 Milene Silva de Jesus Palhinha; “sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento”; Lisboa: IST; Abril de 2009. p43. Consultado em 2013 01 05: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/331475/1/Dissertacao.pdf>

5.3.1.1.3 Elementos de sombreamento fixos

Pérgolas, galerias, *loggia*, telheiros ou arcadas (Figura 28) são exemplos de elementos fixos de sombreamento presentes na arquitectura tradicional.

Na orientação a Sul, a radiação solar torna-se por vezes indesejada devido à sua intensidade. Todavia, é nestes momentos que os raios assumem a sua maior perpendicularidade em relação à superfície terrestre, tornando-se possível impedir facilmente a sua entrada no edifício, através de elementos de sombreamento horizontais como palas, prateleiras de luz ou mesmo através de uma fachada espessa com o vão recuado. Já nas orientações Nascente e Poente, visto que os raios solares estão ‘baixos’, os elementos de sombreamento verticais são mais eficazes.

A principal desvantagem destes elementos consiste na impossibilidade de manuseamento dos mesmos. Desta forma, estes não se adaptam às variações diárias ou sazonais, proporcionando apenas um sombreamento adequado num certo momento durante o dia, ou em certas estações do ano. Embora assim o seja, nem sempre é uma opção errada. Para além disto, os elementos de sombreamento fixos conseguem ser bastante atractivos e relativamente baratos, se devidamente estudados durante a fase de projecto.

5.3.1.1.4 Elementos de sombreamento móveis

Os elementos de sombreamento móveis possuem a grande vantagem de se poderem adaptar ao percurso solar. Estes são controlados manual ou automaticamente, permitindo a manipulação do ambiente interior, consuante a vontade do utilizador. A entrada de radiação solar no interior de um edifício, se for gerida correctamente, proporciona níveis de conforto térmico e lumínico mais satisfatórios e, conseqüentemente, a redução dos gastos energéticos durante a fase de operação do edifício. Portadas, venezianas, toldos retrácteis ou estores (Figura 29) são alguns exemplos de elementos de sombreamento móveis. Existem ainda outros produtos mais avançados, totalmente automatizados e controlados por células fotoeléctricas, que reagem às variações da inclinação do Sol, aos níveis de temperaturas e/ou aos níveis de luminosidade. Embora sejam bastante eficientes, a sua utilização ainda não se generalizou devido ao elevado custo inicial e de manutenção.



Figura 26: Fotografia de telas de sombreamento interno na Cantina do Pólo Universitário da Ajuda, Lisboa. Arquitecto António Augusto Nunes de Almeida.
(fonte: autoria própria)

Figura 27: Fotografia de peças cerâmicas na fachada do edifício de expansão do Oceanário, Lisboa. Campos Costa Arquitectos.
(fonte: autoria própria)

Figura 28: Fotografia da arcada nascente da Praça do Comércio, Lisboa.
(fonte: <http://lisboapatrimonio.blogspot.pt>)

Figura 29: Fotografia das portadas do Altis Belém Hotel & Spa, Lisboa. Risco - FSSMHN Arquitectos.
(fonte: Fernando Guerra, *Ultimasreportagens*, 2009)

5.3.1.2 Ventilação natural

A ventilação natural consiste na entrada de ar exterior para o interior de um edifício e, subsequentemente, a saída do ar interior para o exterior. Este processo é da maior importância porque, para além de promover o arrefecimento do interior do edifício, reduzindo assim a necessidade de gasto energético na refrigeração dos espaços, também incentiva a renovação do ar interior, assegurando a sua qualidade.

O clima português caracteriza-se por importantes amplitudes térmicas diárias durante o Verão (poderão atingir os 20 °C). Isto torna possível a utilização eficaz da ventilação natural durante a noite (ventilação nocturna), de modo a retirar os ganhos acumulados no interior dos edifícios, e também durante o dia, em períodos nos quais a temperatura exterior é inferior à temperatura no interior (por exemplo, durante a manhã ou final da tarde).¹⁰³

A ventilação natural tira partido da diferença de pressão existente (o ar frio é mais denso que o ar quente) entre o interior do edifício e o exterior. Por este motivo, são muitas as formas de promover a ventilação natural, tais como ventilação unilateral, ventilação cruzada, ventilação induzida, entre outros.

5.3.1.2.1 Ventilação unilateral

A ventilação unilateral consiste no processo de renovação do ar, recorrendo a uma ou mais janelas na mesma fachada (Figura 30). Como as janelas estão na mesma fachada, o diferencial de pressões entre elas é bastante pequeno, pelo que o seu desempenho é limitado a espaços com pouca profundidade.¹⁰⁴

Quando a ventilação unilateral funciona apenas com uma janela, esta é responsável pela entrada e saída de ar. Os dois fluxos perturbam-se, decrescendo o número de renovações por hora. Se possível, é preferível abrir duas janelas, mesmo que com metade do tamanho, do que apenas uma. Ainda se pode recorrer a barreiras de ventilação, de forma a criar pequenas diferenças de pressão entre os dois vãos que facilitam a troca de ar entre o exterior e o interior (Figura 31).

Para espaços com uma maior profundidade, aconselha-se a utilização de outros sistemas de ventilação cruzada.

103 GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João (2004) *“Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”*; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. p. 40. Consultado em 2012 11 28: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

104 Luísa Caldas; *“Estratégias – Ventilação Natural”*; Outubro de 2011. p. 02

5.3.1.2.2 **Ventilação cruzada**

A ventilação cruzada (Figura 32) consiste no movimento de ar de um espaço, ou de uma sucessão de espaços associados, através de aberturas em diferentes fachadas, preferencialmente opostas (Figura 33). A natural diferença de pressões sentida sobre as duas fachadas favorece uma ventilação mais eficiente, existindo uma abertura que favorece a entrada de ar e outra que favorece a sua saída. Por este motivo, se não existirem obstruções, torna-se possível a ventilação de espaços com maior profundidade.¹⁰⁵ Os valores típicos gerados por ventilação cruzada situam-se na ordem das 8 a 20 renovações por hora, em presença de um vento fraco no exterior.¹⁰⁶

5.3.1.2.3 **Ventilação induzida**

A ventilação induzida, também conhecida como ventilação por efeito chaminé, tira partido da estratificação do ar interior, de modo a favorecer a renovação do ar. Para que funcione, é necessário a colocação de pelo menos duas aberturas em cotas bastante diferentes (uma destas pode mesmo ser zenital). O ar quente, que se estratifica nas camadas mais altas do espaço, tenderá a sair pela abertura superior favorecendo a entrada de ar fresco pela abertura inferior, criando um fluxo contínuo de ar (Figura 34). Este fluxo pode ser comprometido se a temperatura exterior for elevada. Uma forma de contrariar este problema poderá ser através da utilização de uma câmara solar ou chaminé solar.

¹⁰⁵ *Ibidem*: 02

¹⁰⁶ Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-37. Consultado em 2013 01 09: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

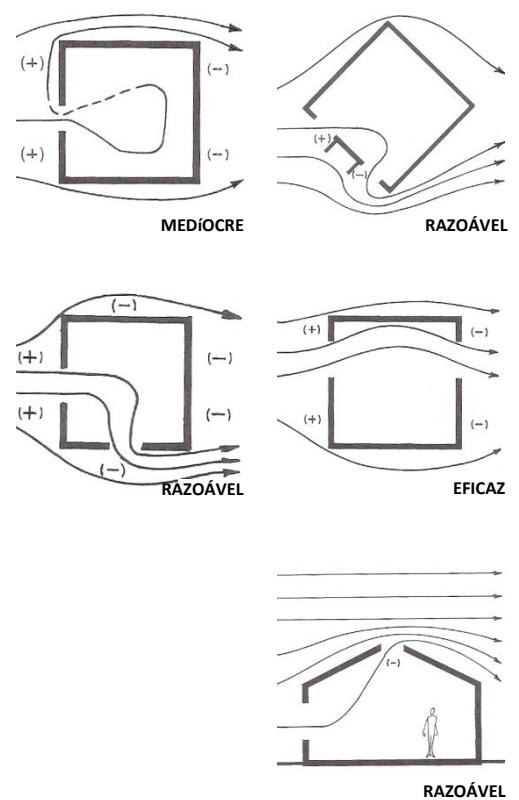


Figura 30: Esquema do funcionamento da ventilação unilateral.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 31: Esquema do funcionamento da ventilação unilateral com barreiras.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 32: Esquema do funcionamento da ventilação cruzada entre fachadas adjacentes.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 33: Esquema do funcionamento da ventilação cruzada entre fachadas opostas.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 34: Esquema do funcionamento da ventilação induzida.
(fonte: Lechner, 2006)

5.3.1.2.4 Câmara solar ou chaminé solar e aspirador estático

Na ventilação com câmara solar, dá-se o incentivo da extração do ar através de uma câmara ou chaminé solar (Figura 35). A câmara consiste numa caixa escura, com o topo envidraçado, de forma a captar o máximo de radiação solar. A chaminé consiste num ducto também escuro, com os mesmos propósitos. O ar dentro destes elementos é aquecido e, ao diminuir de densidade, sai para o exterior, criando um efeito de sucção, motivando a ventilação natural do edifício.

Embora a ventilação não seja muito elevada (entre 5 e 10 renovações por hora), estes sistemas apresentam a vantagem de serem mais eficazes quanto maior for a intensidade da radiação solar, ou seja, quando o sistema é mais necessário.¹⁰⁷

O aspirador estático consiste noutro dispositivo que se pode adicionar ao vão superior de um sistema de ventilação induzida. Estes aspiradores produzem o efeito Venturi¹⁰⁸, que gera uma depressão no ar e motiva a extração do ar que se encontra no interior do espaço (Figura 36). Existe uma grande variedade de aspiradores estáticos, o que permite a sua adaptação em vários tipos de cobertura. Estes sistemas devem ser colocados em locais com ventos constantes, caso contrário o seu rendimento decresce significativamente. Assumindo que existe vento com alguma intensidade, torna-se fácil a produção de mais de 10 renovações por hora.¹⁰⁹

5.3.1.2.5 Torre de vento

A introdução de ar no interior do edifício pode também ser realizada através de uma torre. Esta eleva-se a uma altura suficiente, onde o vento está mais intenso, e capta o ar, levando-o por condutas até ao edifício (Figura 37). O número de aberturas na parte superior da torre depende da existência de uma direcção dominante do vento, ou várias. Seja como for, é conveniente que o vento seja constante e intenso, para assegurar a eficácia do sistema. Se for este o caso, torna-se possível entre 3 e 6 renovações de ar por hora.¹¹⁰

A utilização deste sistema tem especial interesse em espaços que apenas possuem uma fachada.

107 *Ibidem*: 05-38

108 Entende-se por efeito de Venturi o aumento da velocidade e subsequente diminuição da pressão de um fluido dentro de um ducto num ponto em que a secção interior deste diminui.

109 Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de Mendonça; Tese de doutoramento: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; p. 5-37. Consultado em 2013 01 09: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

110 *Ibidem*: 05-38 e 05-39

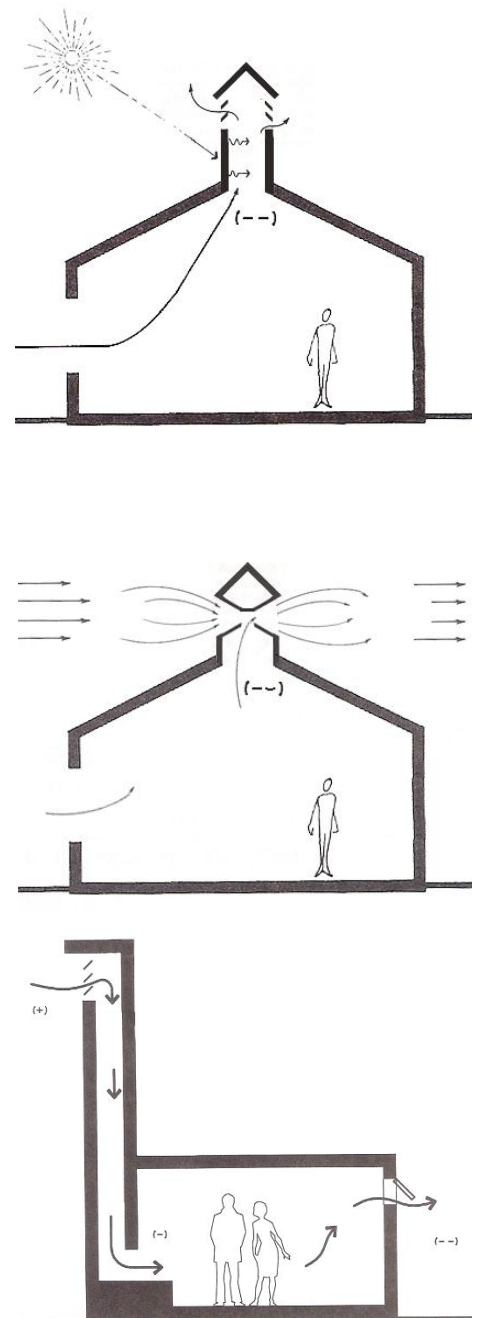


Figura 35: Esquema do funcionamento da ventilação induzida com chaminé solar.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 36: Esquema do funcionamento da ventilação induzida com aspirador estático.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 37: Esquema do funcionamento da ventilação por uma torre de vento.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

5.3.1.3 Construções enterradas

O solo, por não estar em contacto directo com o ambiente exterior, tem a capacidade de manter uma temperatura relativamente constante ao longo do ano, variando apenas com a latitude e a profundidade onde a temperatura é medida.

Em zonas climáticas temperadas, como é o caso de Portugal, a temperatura da terra a uma profundidade de 1,2m varia apenas cerca de 10°C durante todo o ano.¹¹¹ Pode-se tirar partido desta pequena amplitude para aquecer o edifício durante o Inverno e arrefecê-lo durante o Verão. Esta solução consegue ainda, por enterrar parcialmente ou totalmente um edifício, criar uma elevada protecção acústica ao ruído exterior.¹¹²

5.3.1.4 Arrefecimento evaporativo

O arrefecimento evaporativo trata-se de um sistema passivo que recorre à evaporação da água para refrigerar um espaço. Neste processo, a água absorve energia em forma de calor latente de evaporação, sem incrementar a sua temperatura.¹¹³ Desta forma, o espaço fica mais fresco e húmido, aumentando os níveis de conforto nas estações quentes.

Para propiciar um arrefecimento evaporativo eficaz, torna-se necessário a existência de uma grande superfície de contacto entre o ar e a água. Uma boa solução consiste em espelhos de água, por se tratarem de reservatórios de água pouco profundos e habitualmente extensos. O processo pode ainda ser optimizado se a água estiver em movimento, sendo fontes e correntes de água boas opções (Figura 38 e 39). Um outro factor a ter em conta é a incidência do vento, que favorece consideravelmente a evaporação.

O arrefecimento evaporativo possui um desempenho bastante positivo no clima português, especialmente durante o Verão. Possui a vantagem de funcionar melhor quando a incidência solar é mais intensa, ou seja, quando a refrigeração é mais necessária. Para além disto, as opções são muito variáveis e atractivas, pelo que a sua utilização torna-se bastante versátil.

111 *Ibidem*: 05-39

112 *Ibidem*: 05-39

113 *Ibidem*: 05-39

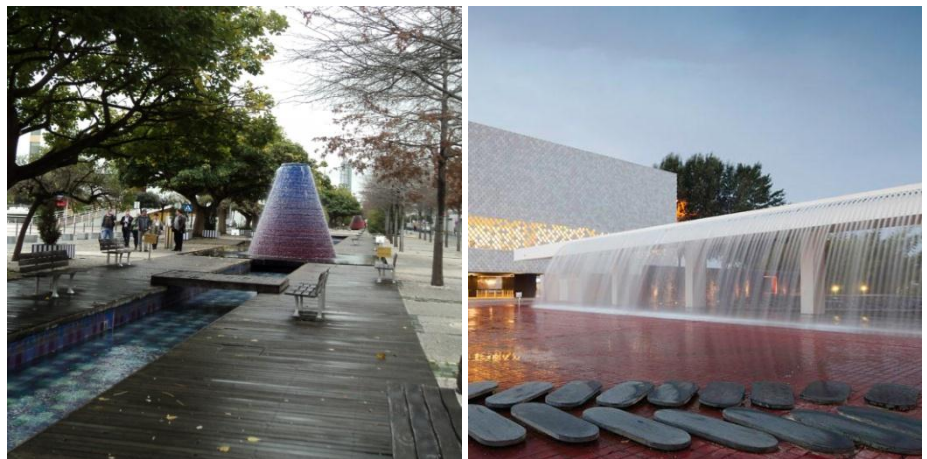


Figura 38: Fotografia de espelho de água vulcões de água utilizados no Parque das Nações, Lisboa.
(fonte: autoria própria)

Figura 39: Fotografia da fonte do jardim d'Água no Parque das Nações, Lisboa.
Risco, SA /Global Arquitectura Paisagista
(fonte: Domusweb.it, 2011)

5.3.2 Perdas indirectas

Os sistemas de arrefecimento passivo por perda indirecta consistem naqueles que arrefecem elementos com uma elevada massa térmica. Existem dois sistemas de arrefecimento indirecto: a radiação e a ventilação nocturna.¹¹⁴

5.3.2.1 Arrefecimento por radiação nocturna

O arrefecimento por radiação nocturna é um sistema que tira partido do ar fresco da noite para arrefecer elementos de armazenamento térmico. Desta forma, estes elementos terão uma capacidade bastante superior de absorver o calor em excesso durante o dia, tornando o edifício mais confortável para os seus utilizadores, sem que seja necessário a utilização de sistemas mecânicos.

Normalmente, os componentes privilegiados para este processo são as coberturas, pois estas, por terem uma grande superfície exposta ao céu, irradiam o dobro das superfícies verticais.¹¹⁵ Aconselha-se a aplicação de um isolamento térmico móvel, de forma a evitar perdas no Inverno e ganhos no Verão (Figura 40). Durante as noites de verão, este isolamento deverá ser retirado de forma a maximizar a perda por radiação (Figura 41).

De notar que este sistema torna-se especialmente útil nas regiões que possuam uma amplitude térmica diária superior aos 10°C (em Portugal, durante o Verão, é normal a ocorrência de uma amplitude térmica diária superior aos 20°C) e céu limpo, já que a ausência de nuvens facilita a radiação de energia para o exterior.

5.3.2.2 Arrefecimento por ventilação nocturna

O arrefecimento por ventilação nocturna, tal como o sistema anterior, também tira partido do ar fresco da noite para arrefecer elementos de armazenamento térmico. Para tal, faz circular o ar pelo interior do edifício, refrescando os elementos sobreditos para que estes, durante o dia, consigam absorver, de uma forma mais eficaz, o calor em excesso do ambiente interior.

5.3.3 Perdas isoladas

Os sistemas de arrefecimento passivo por perda isolada consistem naqueles que arrefecem o ar numa zona separada do ambiente a refrigerar. O procedimento consiste na circulação do ar exterior por um tubagem enterrada ou submersa em água, que o irá arrefecer (Figura 42). A sua eficácia depende do tamanho do percurso e da temperatura do ar exterior.

¹¹⁴ *Ibidem*: 05-40

¹¹⁵ *Ibidem*: 05-40

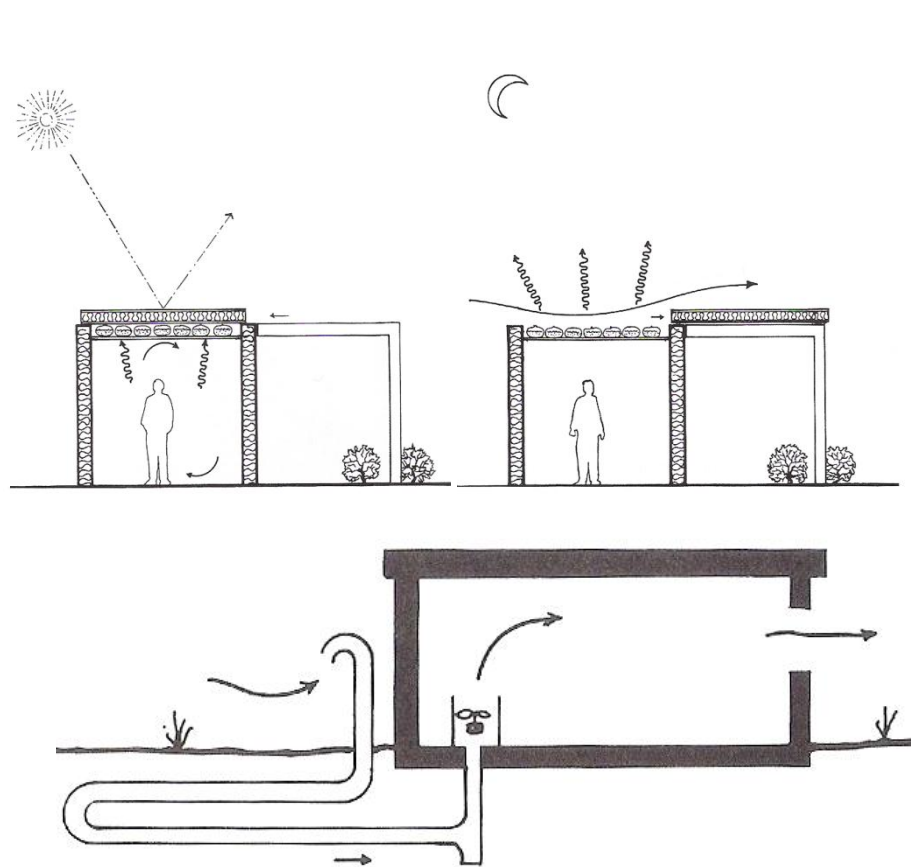


Figura 40: Esquema do funcionamento do arrefecimento por radiação nocturna durante o dia.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 41: Esquema do funcionamento do arrefecimento por radiação nocturna durante a noite.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 42: Esquema do funcionamento do arrefecimento geotérmico.
(fonte: Lechner, 2006)

5.4 Sistemas avançados de iluminação passiva

Os sistemas avançados de iluminação passiva utilizam a reflexão e a canalização da radiação solar para melhorar o conforto lumínico dos edifícios. Estes sistemas permitem aumentar os níveis de iluminação natural em espaços de maior profundidade, melhorar a uniformidade da iluminação natural ao longo do espaço e reduzir o encandeamento e outras fontes de desconforto visual. Desta forma, torna-se cada vez menos necessário a utilização de mecanismos de iluminação artificial, melhorando o desempenho energético-ambiental dos edifícios.

5.4.1 Sistemas de reflexão e redireccionamento da luz

5.4.1.1 Prateleiras e lamelas reflectoras

No mercado existe uma grande variedade de palas reflectoras, o que permite diversas aplicações. De um modo geral, estas palas são compostas por um deflector horizontal, ou próximo da horizontal, posicionado no interior e/ou no exterior da fachada do vão envidraçado (Figura 43).¹¹⁶

Este sistema proporciona, simultaneamente, protecção solar e reflexão da luz natural para o tecto dos espaços. A qualidade lumínica dos espaços é melhorada, dado que a sua distribuição torna-se mais uniforme, iluminando áreas mais profundas e retirando excesso de radiação de áreas mais próximas ao vão.¹¹⁷

Existem ainda outros sistemas que maximizam a entrada de luz no interior do espaço, tais como a colocação de planos sobre vãos orientados a norte, a colocação de um pavimento reflector em frente a um vão envidraçado, a colocação do vão no limite interior da fachada (colocando materiais reflectores na espessura da mesma), etc..

Em qualquer um dos sistemas sobreditos é aconselhável a introdução, no interior do espaço, de um sistema de sombreamento móvel, de forma a que se previna eventuais efeitos de encandeamento ou excesso lumínico, etc.. Uma solução inteligente consiste na utilização de lamelas reflectoras. Este sistema, ao invés de apenas limitar a entrada de radiação solar, poderá, se desejado, reflectir a mesma para o tecto do espaço, iluminando-o de uma forma mais difusa sem causar desconfortos visuais.

116 Sara Dionísio Palma Santos; Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut, Panels e Channel Panels. Lisboa: IST, 2009. p. 30 e 31. Consultado em 2013 01 10: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/578140/1/Dissertacao-aluno-53255.pdf>

117 Grosso modo, com uma janela convencional o espaço possui uma zona de boa iluminação até 1.5 vezes a altura do vão. Se a esta janela for adicionada uma prateleira reflectora o espaço possui uma boa iluminação até ao dobro da altura do vão (Figura 44).

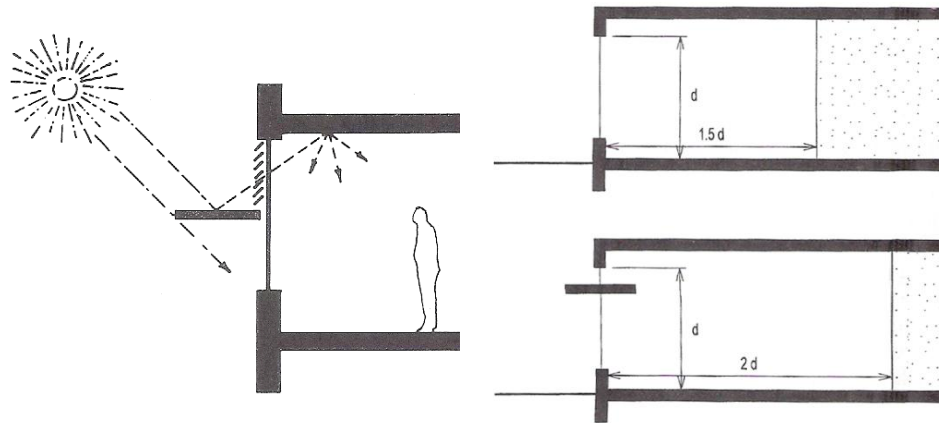


Figura 43: Esquema do funcionamento de uma prateleira reflectora.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 44: Esquema do aumento da área com boas condições lumínicas devido ao uso de uma prateleira reflectora.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

5.4.1.2 Vidro de redireccionamento de luz

O vidro de redireccionamento de luz consiste num vidro duplo onde são inseridas no seu interior lamelas de acrílico transparentes, destinadas a captar e redireccionar os raios solares (Figura 45). Estes raios são redireccionados para plano o tecto (tons claros) e em seguida reflectidos em direcção ao plano de trabalho, criando uma iluminação bastante homogénea e evitando encadeamentos.¹¹⁸ Tal como os sistemas prismáticos, estes vidros distorcem a vista, pelo que são habitualmente aplicados na parte superior dos envidraçados.

5.4.2 Sistemas de canalização de luz

5.4.2.1 Chaminés de luz

As chaminés de luz são elementos integrados no edifício que permitem a recolha, transporte e distribuição de radiação solar, de modo iluminar espaços que, de outra forma, não teriam luz natural (Figura 57). Trata-se de um sistema de iluminação relativamente simples, que recolhe a luz a partir de uma clarabóia, canaliza-a ao longo de uma chaminé revestida a material reflector (reboco branco, por exemplo), e distribui-a de uma forma mais difusa no espaço a iluminar (Figura 56). Embora seja um sistema eficaz para distâncias relativamente pequenas, o mesmo não se verifica quando o espaço a iluminar se encontra mais profundo. Nesses casos, é recomendado a utilização de outros sistemas, como por exemplo, túneis de luz.

118 *Ibidem*: 42 a 44

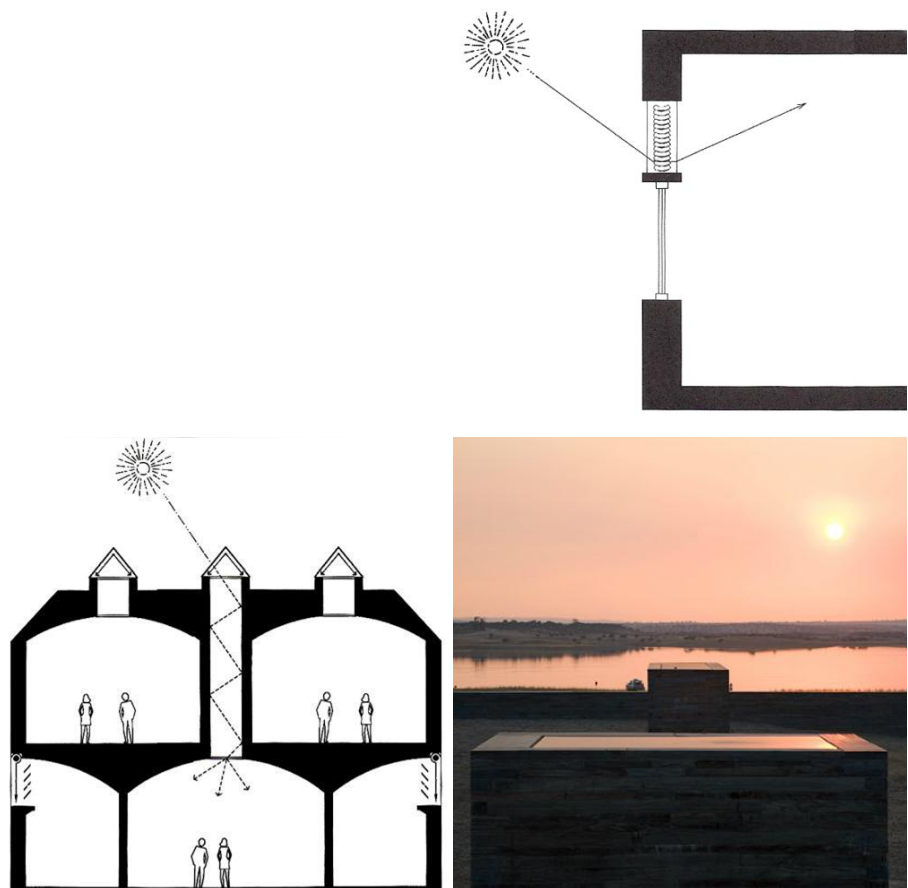


Figura 45: Esquema do funcionamento de um vidro redireccionador de luz.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 46: Esquema do funcionamento de uma chaminé de luz.
(fonte: Adaptado de Lechner, 2006)

Figura 47: Fotografia de dois colectores de chaminés de luz do Museu da Luz, Aldeia da Luz.
Pedro Pacheco, Arquitectura / Marie Clément
(fonte: Fernando Guerra, *Ultimasreportagens*, 2007)

5.4.2.2 Túneis de luz

Os túneis de luz são sistemas que captam luz solar através de clarabóias nas coberturas ou fachadas de edifícios. Esta luz é então transportada ao longo de um túnel altamente reflectante, até uma luminária que a distribui ao longo do espaço (Figura 48).

A clarabóia deve ser colocada em zonas bem ensolaradas durante a maior parte do dia. No interior desta, é instalado um elemento formado por lamelas reflectantes que redireccionam a luz para o interior do túnel, aumentando drasticamente o rendimento do sistema. O túnel, consiste num ducto com uma superfície interior especular altamente reflectante (Figura 49). Quanto maior for a altura do túnel, maior deverá ser a sua largura, de modo a reduzir o número de reflexões dos raios solares e, conseqüentemente, maiores perdas de luz. As luminárias devem ser colocadas no tecto do espaço a iluminar, de modo a que luz se difunda de uma forma homogénea. Se pretendido, é possível encerrar a entrada de luz natural através de um sistema mecânico, accionado através de um interruptor.¹¹⁹

O sistema torna-se especialmente versátil, já que não é necessário que exista um alinhamento vertical entre os espaços a iluminar e o colector. Para além disso é possível iluminar diversos pisos simultaneamente utilizando o mesmo ducto. É aconselhável a incorporação de elementos de iluminação artificial que devem apenas funcionar em períodos nublados ou nocturnos.¹²⁰

5.4.2.3 Helióstatos

Os helióstatos são sistemas formados por colectores que se ajustam automaticamente à trajectória do Sol (Figura 50). Desta forma, conseguem manter um desempenho constante ao longo do dia. A luz é redireccionada para um receptor, que pode ser um espelho (côncavo ou plano, estático ou móvel) ou uma lente, cuja função principal consiste na produção de um feixe de luz concentrado.¹²¹ A luz é então transportada até um difusor (luminária) que a distribui de forma directa, semi-directa, difusa, semi-indirecta ou indirecta (Figura 51).

Para que o desempenho destes sistemas seja garantido, é relevante a qualidade dos espelhos colectores e redireccionadores, as características gerais do sistema de transporte, assim como a sua limpeza e manutenção. A aplicação de helióstatos é recomendada para climas como o de Portugal, onde se verifiquem frequentemente condições de céu limpo.

119 *Ibidem*: 61 a 64

120 *Ibidem*: 61 a 64

121 *Ibidem*: 60 e 61



Figura 48: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando túneis de luz.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

Figura 49: Fotografia de um túnel de luz de secção circular.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

Figura 50: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando helióstatos.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

Figura 51: Fotografia do pátio interior do edifício corporativo de Morgan, Lewis & Brockius, Washington DC.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

5.4.2.4 Fibras ópticas

As fibras ópticas permitem o transporte de luz natural em longas distâncias. A radiação solar é captada por um painel exterior, especialmente desenhado para o efeito, transportada por cabos de fibras ópticas e distribuída por luminárias (Figura 52).

O painel colector de luz natural é constituído por pequenas lentes Fresnel¹²², monitorizadas automaticamente para seguirem o movimento do Sol. Por de trás de cada lente encontra-se um cabo de fibra óptica, constituído por dezenas de finas varetas por onde a luz se desloca. Através da reflexão interna nestes cabos, torna-se possível o transporte de luz com perdas mínimas. Tal facto permite que se mantenham níveis de qualidade elevada até 20 metros de distância.¹²³ A grande flexibilidade e as dimensões reduzidas destes cabos contribuem para uma fácil instalação e integração, mesmo para obras de reabilitação de edifícios antigos. As luminárias são constituídas por painéis de acrílico semi-transparente que permitem a difusão da luz para os espaços. No mercado existe uma grande variedade de luminárias pelo que se torna possível a criação de diferentes atmosferas (Figura 53). Se pretendido, o sistema pode ser desactivado através de um interruptor ligado ao sistema.¹²⁴

*“Em suma, não é a LUZ a razão de ser da Arquitectura?
Não é a História da Arquitectura, a da procura, entendimento e domínio da LUZ?”*¹²⁵

Alberto Campo Baeza¹²⁶

122 Estas lentes, designadas segundo o nome do seu autor, possibilitam uma grande abertura e curta distância focal sem o peso do material que seriam necessários a uma lente convencional. Por serem mais finas possibilitam ainda a passagem de mais luz, motivo pelo qual são amplamente utilizadas em faróis e nos colectores de luz natural.

123 Espacio Solar; Fibra Óptica; 2011. Consultado em 2012 01 10: http://www.espaciosolar.com/fibra_optica.htm

124 Sara Dionísio Palma Santos; Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut, Panels e Channel Panels. Lisboa: IST, 2009. p. 34 a 66. Consultado em 2013 01 10: https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/578140/1/Dissertacao_aluno-53255.pdf

125 Tradução livre de: “En definitiva, ¿no es la LUZ la razón de ser de la Arquitectura?¿No es la Historia de la Arquitectura la de la búsqueda. entendimiento y dominio de la LUZ?” in Alberto Campo Baeza; (2006) La Idea Construida, Espanha: nobuko, 2009. ISBN: 987513011-7. p.21.

126 Alberto Campo Baeza (1946), natural de Espanha, é arquitecto no atelier Arquitectura Campo Baeza, localizado em Madrid. Tem lecionado, investigado e escrito sobre a arquitectura possuindo dezenas de livros publicados. Enquanto arquitecto, as suas obras são bastante conhecidas, possuindo uma grande variedade programática e estando espalhadas por todo o mundo. Pelo seu trabalho, recebeu vários prémios, nomeadamente, o primeiro lugar para o pavilhão de Espanha na Bienal de Veneza (2000), o prémio da Bienal de Miami (2000), entre outros. É professor na Escola de Arquitectura de Madrid.

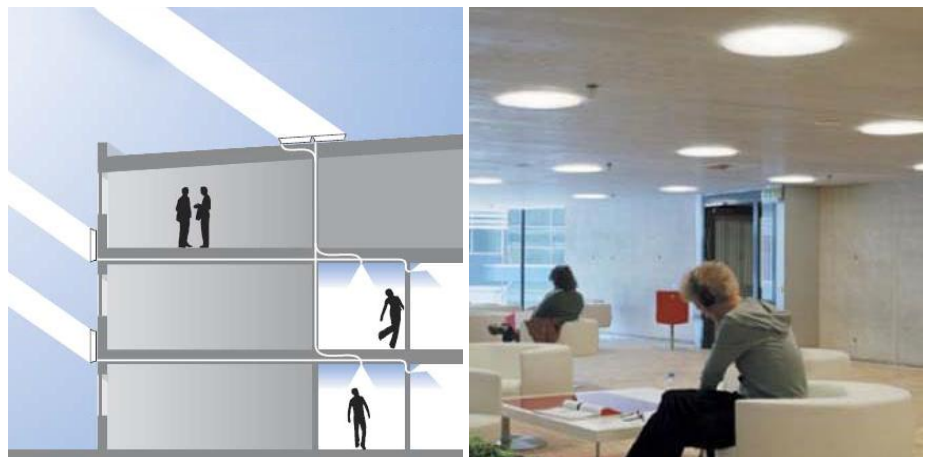


Figura 52: Esquema do funcionamento de um sistema de transporte de luz incorporando cabos de fibra óptica.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

Figura 53: Fotografia do interior do Museu Técnico de Malmö iluminado por luz natural através de cabos de fibra óptica.
(fonte: *Espacio Solar*, 2008)

Capítulo 6

Arquitectura Bioclimática: Microgeração de Energia

*“Trabalhar com energias renováveis é consistente com o objectivo de utilizar o que dispomos”.*¹²⁷

Luca Zevi¹²⁸

6.1 Nota introdutória

Hoje estamos diante de um novo paradigma energético que investe na microgeração de energia, ou seja, na produção de energia, em pequenas potências, no próprio local de consumo. Desta forma, reduzem-se as perdas por transporte e distribuição energética e aumenta-se a autossuficiência dos edifícios, o que leva a uma redução da dependência energética dos países (nomeadamente Portugal).

Nos capítulos anteriores foram abordadas estratégias e sistemas que ajudam a aproveitar, passivamente, a energia presente na natureza, melhorado o balanço energético-ambiental dos edifícios sem o deterioramento dos níveis de conforto. Neste capítulo, são estudados, de forma sucinta, como se consegue melhorar o balanço sobredito de um ponto de vista activo.

6.1.1 Colectores solares

Os colectores solares são sistemas que têm como objectivo o aquecimento de água (Figura 59). A energia despendida para este efeito, que normalmente é proveniente de gás ou de electricidade, é então substituída pela energia solar, sendo que as fontes anteriores devem apenas ser utilizadas como complemento em alturas de escassez, como durante a noite ou em dias nublados.

A utilização de colectores solares em Portugal consiste numa estratégia bastante atractiva, dado que é um dos países europeu com maior número de horas de Sol anuais.¹²⁹ Livia Tirone diz que, nestas condições, a instalação correcta de um sistema solar de aquecimento numa moradia unifamiliar (com uma área de 1m² de painel por cada morador), contribui para, aproximadamente, 70% das necessidades energéticas anuais destinadas ao aquecimento de águas sanitárias. Este valor pode aumentar se a moradia for equipada com aparelhos de controlo do caudal de água.

Existem, no mercado, cinco tipos de colectores solares: absorsor de plástico, plano de circulação forçada, plano de termossifão, cilindro parabólico composto e tubo de vácuo. Estes sistemas estão

127 Tradução livre de: *“Working with renewable energy is consistent with the aim of using what we have”* in Luca Zevi; *“The four seasons of the Italian Pavilion”* in Domus: Special Report Green Design, nº961; Milão: Ed. Domus S.p.A.; Setembro de 2012. p. 08.

128 Luca Zevi (1949), natural de Roma, é arquitecto e urbanista. Durante a sua carreira realizou a revitalização de vários centros históricos italianos, a restauração de muitos edifícios antigos assim como construção nova. Lecionou na Universidade de Roma e Reggio Calabria e foi autor e editor de vários livros. Em 2012 foi escolhido para director do pavilhão italiano para a Bienal de Veneza.

129 TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007; p. 180.

disponíveis com ou sem depósito em mochila. A utilização de depósitos em mochila torna-se ideal quando existe uma limitação espacial, como é o caso das reabilitações. Em casos onde se procure um integração de vários colectores, esta é mais fácil se o sistema for centralizado.

A instalação destes sistemas, para além de ser viável do ponto de vista ambiental, também o é economicamente, dado que o período de retorno do respectivo investimento pode ser inferior a 5 anos.¹³⁰ Livia Tirone defende que é incompreensível a continuação da importação de combustíveis fósseis com tamanhos custos económicos, ambientais e sociais, para cumprir um papel que a energia solar consegue facilmente desempenhar.¹³¹

6.1.2 Painéis fotovoltaicos

Um painel fotovoltaico (FV) é facilmente confundido com um colector solar. Tal facto justifica-se porque, para além das suas aparências idênticas, as necessidades de ambos os sistemas, em relação à orientação e inclinação, são similares, sendo regularmente colocados nos mesmos locais. Embora ambos captem energia solar, a energia que cada um produz é diferente: enquanto os colectores solares produzem energia térmica, os painéis fotovoltaicos produzem energia eléctrica (Figura 55).

Lechner declara a energia fotovoltaica como a mais ideal, dentro das existentes, pois responde positivamente a quase todos os critérios que uma fonte de energia deve ter (Figura 56).¹³² As principais desvantagens do uso de painéis FV consistem no seu custo inicial e na intermitência da radiação. Em relação à primeira desvantagem, melhorias na produção energética e uma maior procura têm vindo a descer o custo de cada Watt produzido, tornando o investimento neste sistema cada vez mais compensador (Gráfico 17). Em relação à intermitência, este problema pode ser mitigado pelo armazenamento da energia excedente em baterias ou na rede eléctrica, sendo posteriormente utilizada em alturas de maior necessidade.

Muitos países, como a Alemanha, a Suíça ou o Japão, mesmo possuindo uma baixa exposição solar, apostaram na instalação em grande escala de painéis fotovoltaicos. Por outro lado, existem países com uma grande exposição solar, como é o caso de Portugal, que tardam a acolher estes sistemas e a aproveitar as suas vantagens.

130 Dado relativo aos edifícios de habitação. TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007; p. 180.

131 TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007; p. 181.

132 LECHNER, Norbert (2006) *“Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect”*; Londres: Wiley; 3ª edição 24 de Novembro de 2008. ISBN: 0470048093. p. 178.

6.1.3 Aero geradores

Os aerogeradores consistem em sistemas que conseguem converter a energia cinética do vento em energia eléctrica (Figura 54). Existem, no mercado, vários modelos que variam de escala (desde centenas de Watts até dezena de MegaWatt) e forma (eixo vertical ou eixo horizontal).

As turbinas de eixo horizontal são o tipo de aerogeradores mais instalados. Estas turbinas possuem elevados níveis de produção energética, quando instalados em locais com ventos dominantes e de intensidade média/alta. Por outro lado, em locais com obstáculos ao vento (edifícios, vegetação...), deverá optar-se por um mastro mais elevado ou por turbinas de eixo vertical.

As turbinas de eixo vertical não são afectadas pela direcção do vento, tornando-se bastante útil em regiões onde não exista uma direcção dominante do vento. Como o seu funcionamento é silencioso, torna-se possível a sua instalação em locais urbanos, suburbanos, em quintais ou em coberturas, etc.¹³³, facilitando a sua integração.

Characteristics of the Ideal Energy Source

1. Sustainable (renewable)
2. Nonpolluting
3. Not dangerous to people or the planet
4. High-grade energy useful for any purpose
5. Silent
6. Supplies power where it is needed (no need to transport energy)
7. Most available at peak demand time, which is frequently a hot, sunny summer day
8. Has the additional benefit of creating the building envelope (i.e., displaces conventional building materials)
9. High reliability
10. No moving parts
11. No maintenance required
12. Modular (can come in any size required)
13. Low operating cost
14. Low initial cost
15. Supplies energy all the time

Figura 54: Lista de características da fonte de energia ideal.
(fonte: Lechner, 2006)

¹³³ Enerwise; *Energia Eólica*; 2010. Consultado em 2013 01 12: <http://www.enerwise.pt/index.php?id=16>

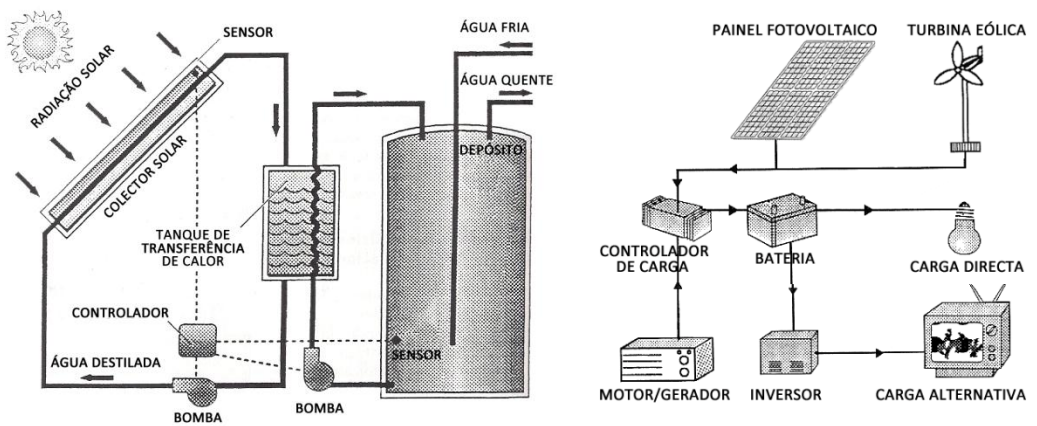
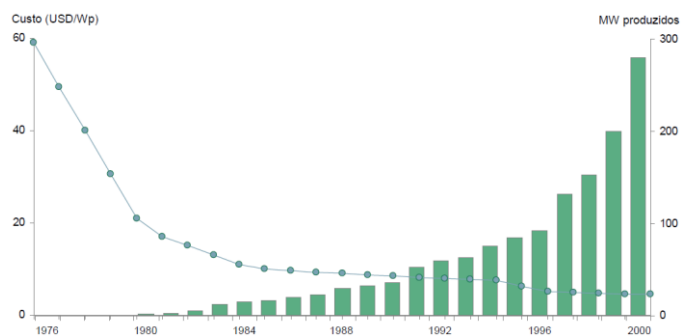


Figura 55: Esquema do funcionamento de um sistema de produção de energia térmica por colectores solares.
(fonte: Lechner, 2006)

Figura 56: Esquema do funcionamento de um sistema de produção de energia eléctrica por painéis FV ou aerogeradores.
(fonte: Lechner, 2006)

Gráfico 17: Painéis fotovoltaicos: evolução dos custos por Watt em relação ao crescimento do mercado.
(fonte: Emanuel Proença, 2007)



PARTE III

CASOS DE ESTUDO

Capítulo 7

Torre Verde

*“O edifício [Torre Verde] é um dos melhores exemplos nacionais, destacando-se o elevado grau de conforto nos apartamentos, o baixo consumo energético e o recurso a fontes de energia renovável”.*¹³⁴

Luís Calixto¹³⁵

7.1 Enquadramento

A *Torre Verde* localiza-se na zona Norte do Parque das Nações, em Lisboa (Figura 57). Trata-se de um edifício habitacional de tipologias várias: T2, T3 e T4 desenvolvido pelo atelier Tirone Nunes Arquitectura Lda, coordenado pela Arquitecta Livia Tirone.

O edifício possui 41 apartamentos, distribuídos por 12 pisos, somando uma área bruta de construção de 7200m². A sua implantação segue o plano de pormenor 4 (PP4): Zona Norte, Beirolas¹³⁶, da autoria do arquitecto Duarte Cabral de Mello, que potencia uma exposição solar privilegiada (orientação a Sul e inexistência de sombras projectadas). O edifício possui ainda uma área ajardinada (embasamento) e um terraço comum (10º piso), que proporciona aos habitantes uma excelente possibilidade de interação, com vistas privilegiadas sobre o Mar da Palha e o Parque das Nações.¹³⁷

Na concepção e construção da *Torre Verde* (Figura 58), foram adoptadas estratégias solares passivas e activas, que permitem a obtenção de elevados níveis de conforto térmico e lumínico e, ao mesmo tempo, a redução da necessidade de utilização de sistemas mecânicos de aquecimento¹³⁸, arrefecimento e iluminação e aumentando, assim, a sua eficiência energética.¹³⁹

134 Luís Filipe Viseu Calixto; “Arquitectura e Urbanismo Sustentável: Um estudo na Zona Oriental de Lisboa”; Lisboa: IST, 2008. p.108.

135 Luís Calixto (1980) licenciou-se em arquitectura pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Desde 2008 é mestre em construção pela mesmo estabelecimento de ensino, tendo sido alvo da sua investigação a Arquitectura e Urbanismo Sustentável. Trabalhou no atelier Tirone Nunes S.A., um atelier português reconhecido internacionalmente pelas preocupações bioclimáticas inerentes às suas obras. Trabalha actualmente na Oficina Urbana, Atelier de Arquitectura Lda e é proprietário e arquitecto da empresa Bioburgos.

136 Este plano de pormenor pode ser consultado na Portaria nº. 1130-B/99 de 31 de Dezembro, pelo Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Versão online em: http://www.portaldasnacoes.pt/images/stories/documentos/parque_das_nacoes/projecto/planos/Plano.pdf

137 PINHEIRO, Manuel Duarte; *Ambiente e Construção Sustentável*; Amadora: Instituto do Ambiente; 2006. ISBN: 972-8577-32-x. p. 207.

138 “Durante os primeiros 8 anos de ocupação (até à data [2007]) 20 dos 41 apartamentos não efectuaram a ligação ao sistema de aquecimento central pré-instalado nos apartamentos, e 3 desses apartamentos foram monitorizados demonstrando que as condições de conforto térmico são estáveis e dentro dos parâmetros da ASHRAE” in PINHEIRO, Manuel Duarte; *Ambiente e Construção Sustentável*; Amadora: Instituto do Ambiente; 2006. ISBN: 972-8577-32-x. p. 210.

139 Edifícios Saudáveis “Monitorização do Edifício Torre Verde : Outubro 2000 e Janeiro 2001, Agosto 2001 e Outubro 2001. p.03. Consultado em 2013 01 23: http://www.europeanconcrete.eu/images/stories/Documents/residentialbuildings/pt-torreverde_fullcase.pdf?phpMyAdmin=16bbb563ca43adfed14bd78eb7d8cd8a



Figura 57: Fotografia aérea da Torre Verde.
(fonte: Bing; 2013)

Figura 58: Fotografia do alçado Sul da Torre Verde.
(fonte: Livia Tirone e Ken Nunes, 2007)

7.2 Contexto climático

Lisboa Insere-se na zona climática I₁ - V₂.¹⁴⁰ Isto significa que a capital portuguesa conta com Invernos curtos e Verões longos e quentes. Segundo as normais climáticas entre 1971 e 2000, presente no *Atlas Climático Ibérico*¹⁴¹, Lisboa apresenta uma temperatura média anual de 17°C. Com a influência do Estuário do rio Tejo, que funciona como elemento apaziguador, os extremos de temperatura são reduzidos, contribuindo para que a amplitude térmica anual fique pelos 7,8°C. Quanto à pluviosidade, a média anual ronda os 60,5mm. O vento apresenta uma direcção dominante a Nor-noroeste, apresentando uma velocidade média anual de, aproximadamente, 16,7km/h.¹⁴²

7.3 Estratégias Bioclimáticas

A *Torre Verde* apresenta cuidados no seu desenho que contribuem para um maior equilíbrio energético-ambiental.

Nas opções iniciais de projecto (Capítulo 4), estes cuidados começam na implantação do edifício no lote do terreno disponível. Esta foi feita de modo a tirar o máximo partido da orientação, optimizando as características de insolação da fachada Sul (Figura 59). Também a organização dos espaços interiores foi feita tendo em conta o percurso solar, colocando os espaços com maior uso a Nascente, Sul e Poente (quartos, salas, etc.) e os espaços com menor utilização a Norte, ou interiormente (corredores, instalações sanitárias, etc.) (Figura 60). Foi, ainda, adoptada uma forma compacta para o edifício, de modo a reduzir a área de contacto deste com o clima exterior. A relação com o exterior foi também estudada nos vãos envidraçados que, por serem pontos sensíveis no perímetro térmico do edifício, foram alvos de um rigoroso dimensionamento, tendo em conta as características térmicas de cada fachada e as necessidades de iluminação natural dos espaços contíguos. Estes vãos possuem, na sua maioria, vidros duplos e caixilharias, contribuindo para um valor U reduzido. Para além disto, a envolvente opaca exterior foi totalmente revestida a isolamento térmico, nomeadamente poliestireno expandido e extrudido, com espessuras que variam entre 6 e 8cm de espessura.

140 Consultar o Anexo A: Clima de Portugal para informações mais detalhadas.

141 Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Atlas Climático Ibérico; Gobierno de España. ISBN: 978-84-7837-079-5. pp. 27 a 30, 63 e 64. Consultado em 2013 01 24: http://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/atlas_clima_iberico.pdf

142 Windfinder; "Windfinder - Estatística de vento & condições atmosféricas Lisboa aeroporto: 11/2000 - 12/2012"; consultado em 2013 01 24: http://pt.windfinder.com/windstats/windstatistic_lisboa.htm

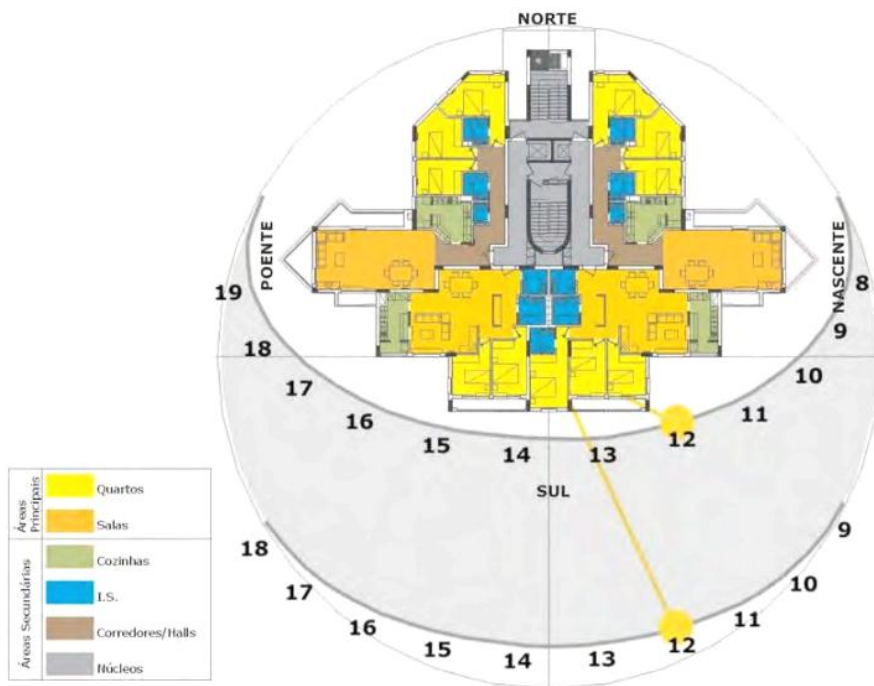
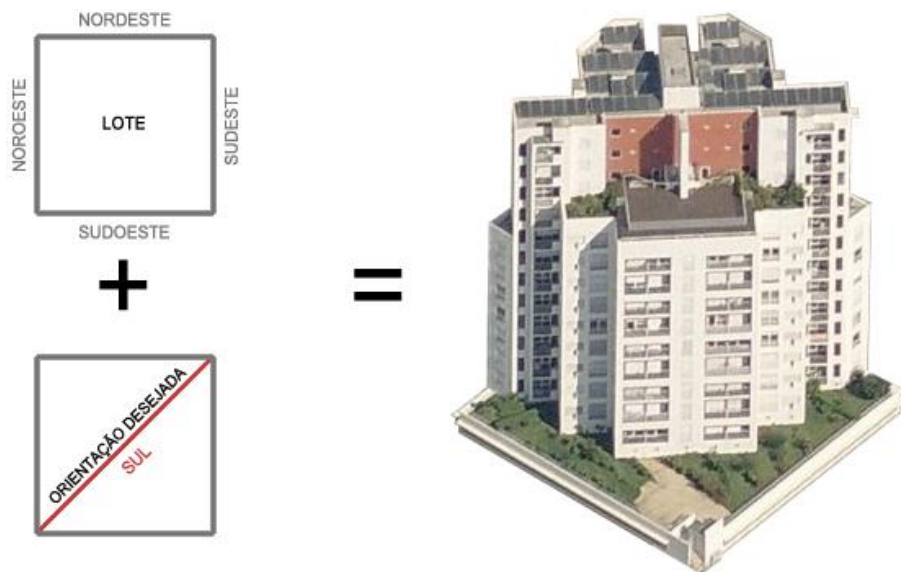


Figura 59: Esquema da implantação da Torre Verde em relação ao lote.
(fonte: autoria própria)

Figura 60: Esquema da organização espacial dos apartamentos dos pisos 3 a 9 na Torre Verde.
(fonte: Luís Calixto, 2008)

Como o isolamento térmico foi aplicado pelo exterior, dá-se o aproveitamento da inércia térmica dos materiais interiores, o que leva a uma redução das flutuações das temperaturas interiores.¹⁴³ Houve ainda um especial cuidado na escolha dos materiais, tendo em conta as diferentes condições a que estariam sujeitos.

Em relação ao desenho passivo (capítulo 5), optimizaram-se os ganhos solares, através de uma especial atenção ao dimensionamento dos envidraçados (ganho directo) e da instalação de paredes de armazenamento térmico a Sul (ganho indirecto). De modo a restringir os ganhos excessivos no Verão, foram adoptados sistemas de sombreamento nos envidraçados: varandas e estores exteriores de lâminas (Figura 61). Os utilizadores podem regular a entrada de luz no espaço interior, dado que os estores são reguláveis manualmente (sobem e descem) e o ângulo das lâminas varia entre a posição horizontal e a vertical.¹⁴⁴ A ventilação dos espaços é realizada, quase exclusivamente, de uma forma natural e, em muitos casos, cruzada. Apenas nas instalações sanitárias, por não estabelecerem uma relação directa com o exterior, a qualidade do ar é assegurada mecanicamente.¹⁴⁵

Em termos de sistemas activos (capítulo 6), a *Torre Verde* está equipada com um sistema de colectores solares (Figura 62), que é responsável por grande parte do aquecimento de água quente utilizada pelas 41 habitações (água quente sanitária e aquecimento ambiente). Este sistema, com cerca de 150m² de área de captação, é apoiado por uma caldeira a gás natural, apenas utilizada quando a energia solar não é suficiente para responder à demanda de água quente.¹⁴⁶

143 Edifícios Saudáveis “Monitorização do Edifício Torre Verde : Outubro 2000 e Janeiro 2001, Agosto 2001 e Outubro 2001. pp.6 a 8. Consultado em 2013 01 24: http://www.europeanconcrete.eu/images/stories/Documents/residentialbuildings/pt-torreverde_fullcase.pdf?phpMyAdmin=16bbb563ca43adfed14bd78eb7d8cd8a

144 Ibidem: 6 a 8

145 PINHEIRO, Manuel Duarte; *Ambiente e Construção Sustentável*; Amadora: Instituto do Ambiente; 2006. ISBN: 972-8577-32-x. pp. 209 e 210.

146 Edifícios Saudáveis “Monitorização do Edifício Torre Verde : Outubro 2000 e Janeiro 2001, Agosto 2001 e Outubro 2001. pp.6 a 8. Consultado em 2013 01 24: http://www.europeanconcrete.eu/images/stories/Documents/residentialbuildings/pt-torreverde_fullcase.pdf?phpMyAdmin=16bbb563ca43adfed14bd78eb7d8cd8a



Figura 61: Fotografia dos estores de lâminas, sistema utilizado na maioria dos envidraçados da *Torre Verde*.
(fonte: Livia Tirone e Ken Nunes, 2007)

Figura 62: Fotografia de colectores solares colocados no terraço da *Torre Verde*.
(fonte: Livia Tirone e Ken Nunes, 2007)

7.4 Resultados

A *Torre Verde* insere-se no projecto de requalificação da zona ribeirinha oriental de Lisboa, iniciado com a construção da Exposição Mundial de 1998 - EXPO 98. Antigamente, esta zona possuía usos industriais (empresas petrolíferas e depósitos de material militar) que emitiam grandes quantidades de poluição, tanto para o solo como para o Mar da Palha. Após a requalificação da zona, verificou-se uma recuperação e valorização do local.

O projecto da *Torre Verde* fez uma aposta estruturante na aplicação de estratégias bioclimáticas. Desta forma, este edifício representou um passo importante relativamente à racionalização do consumo de energia.

Em 1997, o edifício foi galardoado com o Prémio Melhor Empreendimento "Urbanismo e Ambiente", atribuído anualmente pela Revista "Imobiliária".

Em 2007, a *Torre Verde* foi submetida a avaliação pelo Sistema LiderA (versão piloto V1.01).¹⁴⁷ Esta foi efectuada considerando a totalidade dos espaços exteriores e interiores, durante a fase de operação do edifício. Como resultado das estratégias bioclimáticas, a Torre Verde obteve uma classificação "A", classe que indica uma melhoria de 50% face à prática (ou valor de referência).¹⁴⁸

147 A avaliação foi realizada pela equipa do LiderA: Liliana Soares, Prof. Manuel Duarte Pinheiro e Filipa Fonte.

148 Lidera; Torre Verde; Lisboa, 2007.

Consultado em 2013 01 24: <http://www.lidera.info/index.aspx?p=MenuContPage&MenuId=19&ContId=25>

Capítulo 8

Casa da Memória

*“A Casa da Memória visa ser uma âncora da História e da Cultura de Guimarães nas perspectivas histórica, social, cultural, económica e vivencial...”*¹⁴⁹

Guimarães 2012

8.1 Enquadramento

A *Casa da Memória* (Figura 65) localiza-se na Avenida Conde de Margaride, no centro de Guimarães (Figura 63). É o resultado do projecto de reabilitação do complexo da antiga fábrica de plásticos Pátria (Figura 64). O antigo edifício industrial alberga, agora, espaços dedicados à produção criativa e à exposição da herança cultural da cidade de Guimarães.¹⁵⁰ Este projecto foi desenvolvido pelos arquitectos Miguel Pinto Guedes e José Carlos Melo Dias.

Todos os edifícios da Casa da Memória possuem uma área bruta de construção de aproximadamente 1500m². Dos seus usos públicos, destacam-se os quatro espaços expositivos, (denominados segundo a sua posição em relação ao complexo: Norte, Sul, Nascente e Poente) e a cozinha pedagógica. Evidencia-se, ainda, a solução de criar um percurso pedonal, por entre os antigos edifícios industriais, que liga a Avenida Conde de Margaride à Rua Manuel Saraiva Brandão. No centro deste percurso, é ainda criada uma nova praça, *“um espaço público que evoca a memória sensorial, através do uso da água, vegetação”* podendo *“ser utilizado como extensão pública para o que acontece no interior do edifício”*.¹⁵¹

Na concepção e construção da *Casa da Memória*, foram adoptadas estratégias bioclimáticas que permitiram a redução do impacto energético-ambiental na reabilitação da fábrica Pátria e na operação do complexo reabilitado.

149 Guimarães 2012; “Casa da Memória”. Guimarães: Fundação Cidade de Guimarães, 2012. Consultado em 2013 01 26: <http://www.guimaraes2012.pt/index.php?cat=123&item=659>

150 Informação baseada na memória descritiva da Casa da Memória, texto atenciosamente cedido pelo arquitecto Miguel Pinto Guedes.

151 Citações retiradas da memória descritiva da Casa da Memória, texto atenciosamente cedido pelo arquitecto Miguel Pinto Guedes.



Figura 63: Fotografia aérea da antiga fábrica de plásticas Pátria.
(fonte: Bing; 2013)

Figura 64: Fotografia da fachada principal da antiga fábrica de plásticas Pátria.
(fonte: Guimaraes2012.pt; 2013)

Figura 65: Fotografia da fachada principal da Casa da Memória.
(fonte: José Carlos Melo Dias, arquitecto Miguel Pinto Guedes)

8.2 Contexto climático

Guimarães insere-se na zona climática $I_2 - V_2$.¹⁵² Isto significa que os Invernos são frescos e os Verões quentes. Segundo as normais climáticas entre 1971 e 2000, presente no *Atlas Climático Ibérico*¹⁵³, a temperatura média anual é de, aproximadamente, 14,5°C. A amplitude térmica anual ronda os 11°C. Quanto à pluviosidade, a média anual ronda os 122,1mm. O vento apresenta uma direcção dominante a noroeste apresentando uma velocidade média anual de, aproximadamente, 14,8km/h.¹⁵⁴

8.3 Estratégias Bioclimáticas

A *Casa da Memória* é um caso exemplar de utilização de estratégias bioclimáticas. Embora tenha sido uma reabilitação, que condiciona muito o desenvolvimento do projecto, a equipa projectista conseguiu tirar o maior partido dessa situação. Para além de conceberem um novo equipamento cultural, inserido no evento *Guimarães 2012, cidade europeia da cultura*, desenham também um percurso pedonal, a nova Rua da Pátria (Figura 66), com uma praça no seu centro (Figura 67). Esta praça, designada como “*mapa sensorial*”, consiste num espaço público com características que a tornam única na cidade vimeirense. Sendo implantada no local onde outrora existia um bloco da fábrica da Pátria, são aproveitados o pavimento e as empenas laterais. A unir as duas empenas, encontra-se uma estrutura que segue o ritmo característico das coberturas dos edifícios industriais. Existem trepadeiras, colocadas em pontos estratégicos, que permitirão o sombreamento deste espaço, estratégia de arrefecimento passivo bastante eficaz para os Verões característicos da cidade. Outra estratégia utilizada neste espaço público é a colocação de um espelho de água que consiste, como verificado anteriormente, num elemento termo-regulador. Para além disto, são aproveitadas pedras, oriundas de paredes em alvenaria aparelhada demolidas, para a criação de muretes, bancos e do espelho de água. Também são aproveitados conjuntos de caixilhos, colocados nas empenas funcionando paralelamente como elementos escultóricos e de encaminhamento da vegetação.

152 Consultar o Anexo A: Clima de Portugal para informações mais detalhadas.

153 Os dados apresentados são relativos à estação climatológica da cidade de Braga in Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Atlas Climático Ibérico; Gobierno de España. ISBN: 978-84-7837-079-5. pp. 27 a 30, 63 e 64. Consultado em 2013 01 24: http://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/atlas_clima_iberico.pdf

154 Os dados apresentados são relativos à estação climatológica da cidade do Porto in Windfinder; “Windfinder - Estatística de vento & condições atmosféricas Lisboa aeroporto: 11/2000 - 12/2012”; consultado em 2013 01 24: http://pt.windfinder.com/windstats/windstatistic_porto.htm

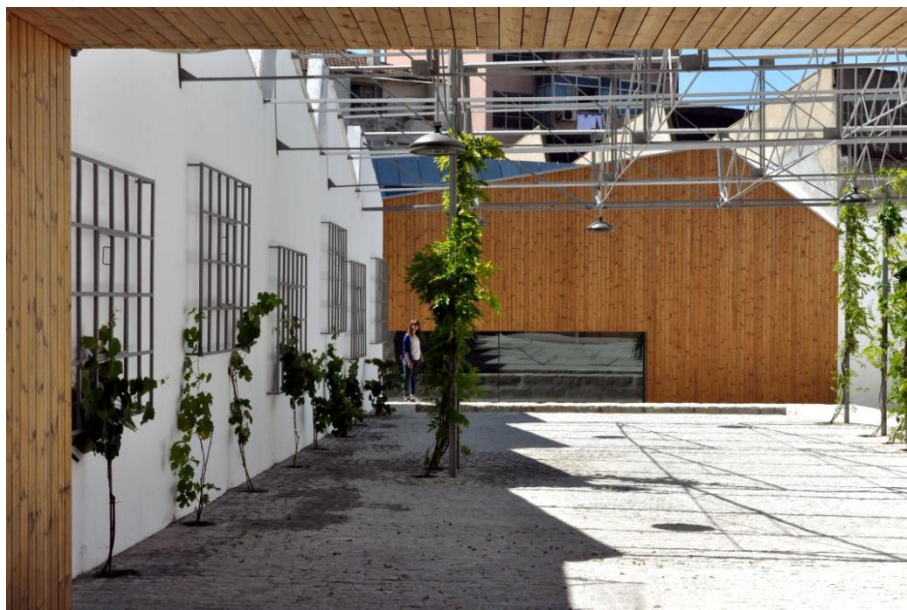


Figura 66: Fotografia do novo percurso pedonal: a Rua da Pátria.
(fonte: José Carlos Melo Dias, arquitecto Miguel Pinto Guedes)

Figura 67: Fotografia do novo espaço público e da Casa da Memória.
(fonte: Guimaraes2012.pt; 2013)

O ripado e o varedo das coberturas de dois blocos da antiga fábrica foram reutilizados no interior da Casa da Memória, funcionando como tectos falsos (Figura 68). Para além disto, as camadas de enchimento foram produzidas com entulhos gerados pela demolição de lajes, paredes e tectos. Todas estas opções de reutilização de materiais no próprio local permitem, para além do aproveitamento da matéria prima inerente a estes, poupanças significativas de energia e recursos envolvidos no transporte, desmantelamento e destruição de resíduos. Miguel Pinto Guedes¹⁵⁵ refere que *“Fecha-se assim o ciclo dos materiais transformando resíduos em recursos”*.¹⁵⁶

Na utilização de materiais novos, estes foram escolhidos, sempre que possível, de modo a que possuíssem um baixo impacto ambiental: madeiras modificadas de origem sustentável, isolamentos térmicos em aglomerado negro de cortiça, painéis OSB oriundos de desperdícios de madeira, pavimentos em betão sem recurso a materiais sintéticos de excessivo processamento, colagem e assemblagem, entre outros.

Houve ainda um esforço significativo para que os elementos da envolvente exterior (paredes, lajes e coberturas) detivessem um factor U (coeficiente de transmissão térmica destes elementos) reduzido. Tal esforço levou a que estes elementos possuam valores máximos próximos dos 36% dos máximos admissíveis para U do RCCTE, assegurando soluções de elevada eficiência energética. Esta eficiência foi também procurada nos sistemas de iluminação artificial, utilizando lampadas de baixo consumo.

Em termos de sistemas de aquecimento passivo, a abertura de grandes vãos envidraçados na fachada Sul do edifício principal, para além de conferir uma nova imagem ao edifício, permite a recepção de ganhos solares. Estes ganhos são otimizados com a utilização de um pavimento com grande capacidade de armazenamento térmico no interior (betonilha afagada). Nos sistemas de arrefecimento passivo, destacam-se o sombreamento dos envidraçados sobreditos, assim como a utilização de formas de climatização e tratamento do ar que privilegiam a ventilação natural, normalmente cruzada ou induzida (Figura 69).

155 Miguel Pinto Rodrigues Guedes de Carvalho (1976), natural do Porto, é actualmente arquitecto associado da empresa Miguel Guedes arquitecto Lda. Licenciou-se em Arquitectura na Universidade Lusiada do Porto em 1999 e dez anos depois conclui, no mesmo estabelecimento de ensino, o Mestrado em Arquitectura intitulado "Arquitectura Sustentável: Bioregionalismo". É responsável pela concepção e lançamento do site "Arquitectura e Sustentabilidade" e frequentou vários cursos de formação, nomeadamente ligados à eficiência energética (RCCTE) e à sustentabilidade (LiderA e PassivHaus).

156 Miguel Pinto Guedes; "Eco Jornadas: reabilitação"; PassivHaus Zero-energy, Outubro de 2012. p. 43. Consultado em 2013 01 04: https://dl.dropbox.com/u/70920372/ecojornadas/2012_10_24_APRESENTA%C3%87%C3%83O%20ECO%20JORNADAS%20REABILITA%C3%87%C3%83O_01.pdf

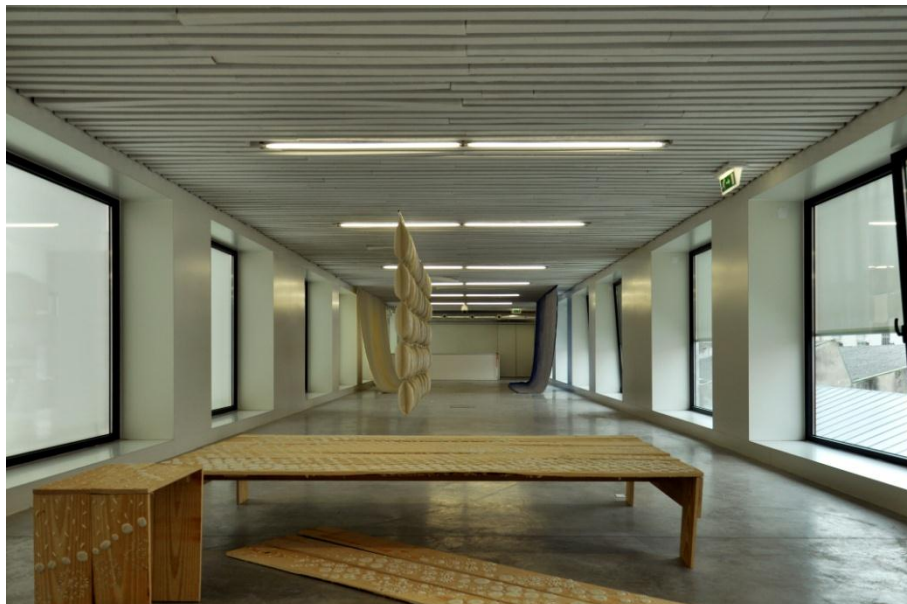


Figura 68: Fotografia do espaço expositivo Sul da *Casa da Memória*.
(fonte: José Carlos Melo Dias, arquitecto Miguel Pinto Guedes)

Figura 69: Fotografia do espaço expositivo Nascente da *Casa da Memória*.
(fonte: arquitecto Miguel Pinto Guedes)

PARTE IV

SANTO ANTÓNIO DOS CAPUCHOS

Capítulo 9

Lugar

*“A Colina de Sant’Ana é uma Colina de afectos: há 500 anos que trata da alma e do corpo dos seres mais frágeis. A caridade dos conventos e dos asilos foi continuada pela solidariedade dos hospitais que sempre minoraram o sofrimento”.*¹⁵⁷

Célia Pilão¹⁵⁸

9.1 Encerramento dos Hospitais da Colina de Sant’Ana

Em 2011 foi aprovada, pelo Governo português, a construção do Hospital de Todos-os-Santos em Chelas, Lisboa. Com a sua edificação, cinco equipamentos hospitalares, localizados na Colina de Sant’Ana, nomeadamente, o Hospital de Santa Marta, o Hospital de São José, o Hospital do Desterro, o Hospital Miguel Bombarda e o Hospital Santo António dos Capuchos, serão para lá transferidos, resultando na desactivação e desafecção dos complexos existentes (Figura 71). Isto posto, o futuro da Colina fica comprometido, pois são os hospitais os principais responsáveis pelas deslocações diárias realizadas a esta parte da cidade, motivando os serviços e comércio locais. Acrescenta-se, ainda, o risco de negligência do património arquitectónico existente, onde se inserem estruturas conventuais, outras hospitalares, azulejaria, ou do espólio de medicina, único no panorama nacional, envolvendo mobiliário, utensílios, registos médicos, entre outros. Foi esta a problemática que desencadeou a realização deste projecto.¹⁵⁹

9.2 Enquadramento

Considerando o futuro encerramento dos hospitais sobreditos, foi realizada, numa primeira fase, uma análise geral aos cinco equipamentos, tendo em conta as características e subjectividades inerentes a cada um deles e estabelecer premissas e estratégias orientadoras para o seu desenvolvimento (Figura 70). Numa segunda fase, fez-se um estudo mais aprofundado sobre um dos Hospitais da Colina que levou ao projecto associado a esta dissertação: a intervenção no Hospital de Santo António dos Capuchos para Escola Informal – EISAC (Capítulo 10).

157 Conteúdo retirado de uma entrevista realizada electrónicamente à Dr. Célia Pilão: Anexo B.

158 Célia Pilão, é licenciada em direito e diplomada em administração hospitalar. Exerceu funções como administradora nos hospitais públicos de: Alcobaça, Caldas da Rainha, Vila Franca de Xira, Curry Cabral, Egas Moniz. Desde 2007 exerce funções no Centro Hospitalar de Lisboa Central (ex- hospitais Cívicos de Lisboa), onde é membro da Comissão do Património Cultural. Tem realizado várias conferências e entrevistas sobre os Hospitais da colina de Sant’Ana assim como organizado visitas aos hospitais em questão.

159 Esta problemática foi apresentada em três turmas finalistas da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa do ano lectivo 2011/2012.



Figura 70: Premissas orientadoras para as intervenções nos cinco hospitais da Colina de Sant'Ana.
 (fonte: autoria própria: Grupo 2, 2011)

Figura 71: Fotografia do espaço expositivo Nascente da Casa da Memória.
 (fonte: arquitecto Miguel Pinto Guedes)

9.3 Contexto histórico da Colina de Sant’Ana

A Colina de Sant’Ana localiza-se no centro de Lisboa, ladeada pelos vales da Avenida da Liberdade e da Avenida Almirante Reis. Dada a sua topografia, rapidamente começou a ser vista como um ponto estratégico para a construção de edifícios religiosos. Conventos e mosteiros foram edificadas nas suas encostas e, ainda hoje, aí permanecem.

Próximo à Colina de Sant’Ana, mais precisamente no Largo do Rossio, localizava-se, desde 1492, o primeiro grande núcleo hospitalar português, o Hospital Real de Todos os Santos. *“Passados dois séculos e meio, pavoroso incêndio quase reduziu a um monte de escombros a 10 de Agosto de 1750, triste ruína, que sofreu o doloroso e fatal golpe de misericórdia no terramoto de 1755, que totalmente o derrocou”*.¹⁶⁰ Iniciou-se assim, uma nova fase na vida hospitalar lisboeta.

Em pleno século XVIII, após a ordem de expulsão dos Jesuítas¹⁶¹ e no seguimento dos eventos sobreditos, surge, ocupando as instalações do antigo convento e colégio de Santo Antão, o Hospital Real de São José. Mais tarde, em 1834, foi decretada, por vontade de António de Aguiar, a extinção das ordens religiosas, confiscando os seus bens para Interesse Nacional.¹⁶² Conventos localizados na Colina de Sant’Ana, nomeadamente o Convento do Desterro, o Convento de Santa Marta e o Convento dos Capuchos, foram adaptados para usos associados à saúde (hospitais, asilos...). Tais usos mantiveram-se, na sua maioria, até hoje, conferindo uma grande importância e significado à Colina de Sant’Ana que possui, inclusivamente, o epíteto de Colina da Saúde.

9.4 Contexto histórico do Hospital de Santo António dos Capuchos

Foi a 15 de Fevereiro de 1570, *“em conjugação de uma série de boas vontades, de mercês caridosas e, fruto do desejo dos frades franciscanos Capuchinhos”*¹⁶³, colocada a primeira pedra para a fundação do Convento de Santo António dos Capuchos. *“A sua construção foi dirigida por Frei Martinho da Insula, antigo aio do Infante D. Luís, tendo os trabalhos oficiais terminado com a celebração da missa inaugural em 1579”*.¹⁶⁴

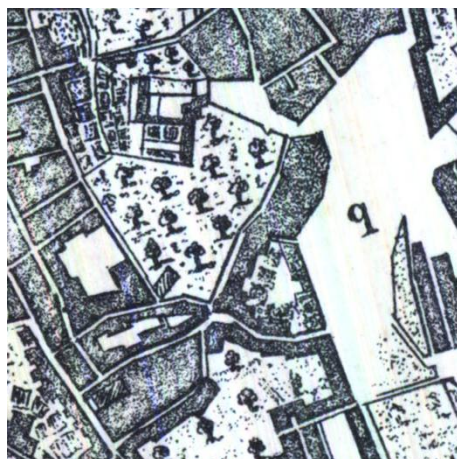
¹⁶⁰ Jorge de Lima Alves; *De conventos a hospitais : evolução secular dos mosteiros de Santo António dos Capuchos e Nossa Senhora do Desterro: 1570 – 1993*; Lisboa: CML, 1993.

¹⁶¹ O decreto de expulsão dos Jesuítas foi oficializado em 1759 pela figura do Marquês de Pombal.

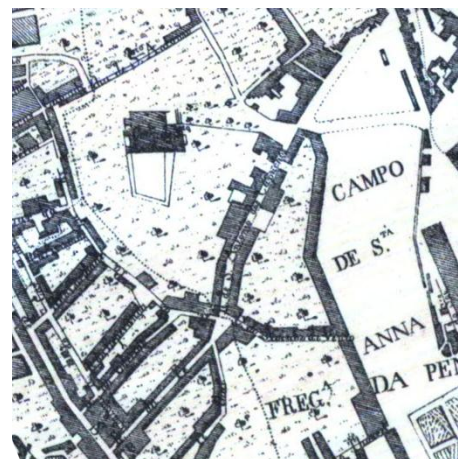
¹⁶² Jorge de Lima Alves; *De conventos a hospitais : evolução secular dos mosteiros de Santo António dos Capuchos e Nossa Senhora do Desterro: 1570 – 1993*; Lisboa: CML, 1993.

¹⁶³ *Ibidem*

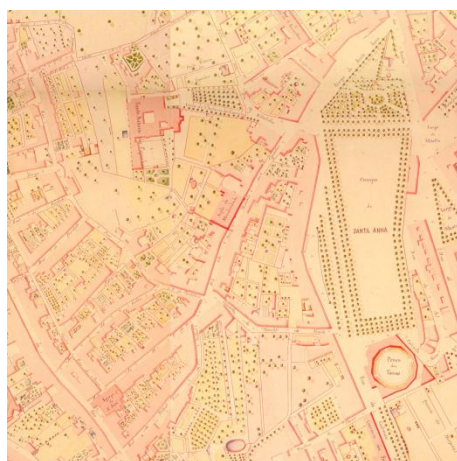
¹⁶⁴ *Ibidem*



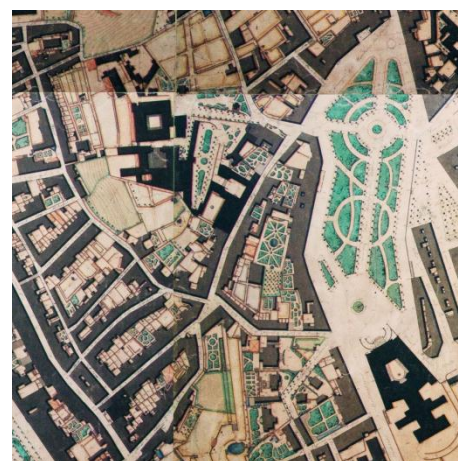
1785



1831



1850



1911

Figura 72: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1785, por Franc D. Milient.
(fonte: Arquivo municipal de Lisboa)

Figura 73: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1831, por Duarte José Fava.
(fonte: Biblioteca nacional)

Figura 74: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1850, por Filipe Folque.
(fonte: Biblioteca nacional)

Figura 75: Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1911, por Silva Pinto.
(fonte: Biblioteca nacional)

O Convento caracterizava-se pela sua Igreja, de nave única, com seis capelas laterais e uma capela-mor (Figura 77); pelo seu claustro, com seis colunas e cinco arcos de pedra em cada lado (Figura 76); pela sala do capítulo, guarnecida de painéis de azulejos (Figura 78); pelos dormitórios, com celas de pequenas dimensões mas com uma “*larga vista*” para o exterior; pelas suas grossas paredes, caiadas de branco, e pela sua cerca, de dimensões consideráveis, repleta de hortas e árvores.¹⁶⁵ Efeitos do terramoto de 1755 também se fizeram sentir no Convento, que foi parcelarmente destruído e que, em apenas três anos, já se encontrava restaurado.

Após dois anos de abandono, na sequência da expulsão das ordens religiosas de 1834, o Convento é transformado, pela vontade política de Mouzinho da Silveira, no Asilo da Mendicidade de D. Maria II.¹⁶⁶ Com o crescente do número de mendigos, as instalações existentes rapidamente se tornaram exíguas. “*Novas obras alteraram a forma e conteúdo do convento, em conformidade com outras premências e objectivos estruturais*”.¹⁶⁷ Para aumentar a sua capacidade, foi adquirido, em 1854, o Palácio dos Condes de Murça pelo provedor José Isidoro Guedes, Visconde de Valmor.¹⁶⁸

Em 1928 dá-se o encerramento do estabelecimento asilar, com a transferência dos internos para o Mosteiro de Alcobaça e para Campolide. No mesmo ano, é criado o hospital Santo António dos Capuchos.¹⁶⁹ Novos pavilhões e anexos foram, desde então, construídos. Tal crescimento, embora tenha sido realizado para dar resposta às necessidades da população, foi executado sem a sensibilidade merecida, negligenciando a estrutura do edificado existente. Exemplo desta negligência podem ser hoje verificados na ausência de uma estratégia para os espaços exteriores, ou nas variadas intervenções no convento (muitas vezes com a instalação pouco cuidada das redes técnicas) que levaram à sua descaracterização.

165 “*À mam direyta de quem entra nella se vem quatro capellas com seos arcos de pedra que tem suas grades de pao sancto, e os altares tem todos payneys com sua moldura dourada. Da outra parte lhe correspondem somente duas capellas semelhantes em tudo às que lhe ficam fronteyras. O corpo da igreja se divide do cruzeyro com humas grades como que tem as capellas do corpo da igreja. E do cruzeyro pera dentro ficam dous altares colateraes à capella-mor, à qual dá entrada hum arco de pedraria*”; “*E passando da igreja ao interior do convento, se acha na parte inferior delle, entrando pella portaria e saindo da igreja, hum quadro que lhe serve de claustro, com seys columnas de pedra em cada lanço, que formam cinco arcos tambem de pedra. E neste claustro tem o seo lugar a casa do capitulo, accomodado ao numero de religiosos dos convento. E a ditta casa obra os assentos que tem à roda he guarnecida de azolejo(...)*”; “*Nos dormitorios em que ficam as cellas, que dam gasalhado sufficiente ao numero de religiosos, resplandece tambem a pobresa, nam excendendo os limites della em comprimento, largura e altura, observando-se porem em tudo grande limpeza. As cellas, pela allivio dos que as habitam, logram muyto varia e larga vista. E a grande limpeza e asseyo que se vê no interior do convento passa tambem ao exterior delle, porque as suas paredes por fora as faz tam branca a cal, com que as renovam que parecem acabadas do mesmo dia.*” e “*Tem larga cerca e nella sua horta e arvores que lhe dam fructa, e outra que fazem agradável sombra.*” in *História dos Mosteiros Conventos e Casas Religiosas de Lisboa*; Lisboa, CML, 1950. pp. 348 e 349.

166 Jorge de Lima Alves; *De conventos a hospitais : evolução secular dos mosteiros de Santo António dos Capuchos e Nossa Senhora do Desterro: 1570 – 1993*; Lisboa: CML, 1993.

167 *Ibidem*

168 Ana Sofia Coutinho; *Conventos reconvertidos em hospitais - desinfectação ou reabilitação*. Lisboa: FAUTL, 2005.

169 Teresa Vale, Carlos Gomes e Luisa Cortesão; *Convento de Santo António dos Capuchos / Hospital de Santo António dos Capuchos*; Lisboa: SIPA, 2003. Consultado a 2013 01 28: http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=3024



Figura 76: Fotografia actual do claustro do Hospital Santo António dos Capuchos.
(fonte: Mariana Robalo)

Figura 77: Fotografia actual da igreja do Hospital Santo António dos Capuchos.
(fonte: autoria própria)

Figura 78: Fotografia actual da sala do capítulo do Hospital Santo António dos Capuchos.
(fonte: autoria própria)

Figura 79: Fotografia actual da cisterna do Hospital Santo António dos Capuchos.
(fonte: desconhecida)

Capítulo 10

Escola Informal Santo António dos Capuchos

“(...) temos o direito e o dever de continuar e melhorar o espírito da Colina e usufruir deste singular património”.¹⁷⁰

Célia Pilão

10.1 Estratégia

Como os hospitais da Colina de Sant’Ana são, como referido anteriormente, os principais responsáveis pelas deslocações diárias realizadas a esta parte da cidade, pretendeu-se que a estratégia programática a estabelecer no complexo conseguisse, ela também, atrair muitas pessoas ao local. Para tal, desenvolveu-se um programa multifuncional assente num equipamento âncora: a Escola Informal Santo António dos Capuchos¹⁷¹ que ocupa, entre outros, o edifício conventual. Aliado a este equipamento estão outros usos, nomeadamente, um ginásio, uma piscina, um restaurante, uma pousada que, embora sejam trabalhados para funcionar autonomamente, são também complementares à escola.

Tendo em conta as intervenções realizadas durante os usos asilar e hospitalar, tornou-se necessário, em primeiro lugar, clarificar os volumes e hierarquizar os espaços exteriores. A localização do complexo foi um ponto preponderante neste processo dado que, por estar implantado no cimo da Colina de Sant’Ana é, simultaneamente, um ponto de vista privilegiado sobre a cidade e uma parte integrante da paisagem da Colina. Por este motivo, foi adoptada, como conceito do projecto, a metáfora da acrópole.¹⁷² Neste sentido, foram substituídas todas as estruturas e edifícios que impediam o contacto visual entre o convento e a cidade, por um edifício baixo e longo, que funciona como um embasamento onde o edifício coventual assenta (relação cidade - colina) e como uma praça mirante¹⁷³ (relação colina - cidade) (Figura 80). Para além desta praça, é também criado, numa cota inferior, um jardim, com pomares e hortas urbanas, assim como outras árvores e plantas, procurando estabelecer a articulação entre a cidade e a escola e, simultaneamente, retomar a memória do convento. Esta memória é também procurada com a preservação da volumetria do edifício conventual, assim como com a atribuição, a este edifício, de um uso associado ao ensino, parte integrante do quotidiano das ordens religiosas.

170 Conteúdo retirado de uma entrevista realizada electrónicamente à Dr. Célia Pilão.

171 Entende-se como escola informal um estabelecimento de ensino onde as aulas são dadas em regime de workshop, por períodos de pequena ou média duração.

172 “Acrópole: Do grego *akròpolis*; parte mais elevada e fortificada das antigas cidades gregas” in Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2013. Consultado em 2013-01-29: <http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa-ao/acr%C3%B3pole>

173 Esta praça é definida pelo limite da cerca conventual original.

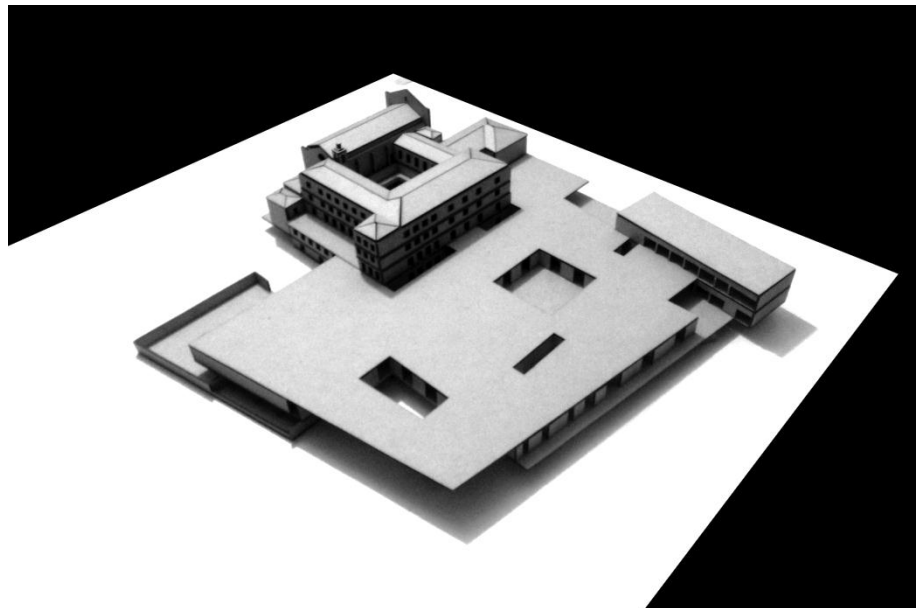


Figura 80: Fotografia de uma maquete de estudo da EISAC.
(fonte: autoria própria)

“A cerca representa a marcação física do limite de um território, mas também a importância da sua contenção, preservação e isolamento de relação entre o interior e o exterior. Apesar da sua linearidade, ela marca sobretudo essa relação dual”.¹⁷⁴ Neste sentido, embora tenha sido procurada uma maior fluidez entre a cerca e a cidade, aumentados os números de acessos (de dois para quatro), pretendeu-se que o acto de entrada no complexo (espaço heterotópico) fosse bem marcado. Para tal, todos os pontos de acesso são marcados por um portão, sinal universal de transição entre espaços. Esta marcação é acentuada com a mudança de materiais (por exemplo, no pavimento) e com uma abundante presença vegetal. Tal presença pretende retomar a ideia de jardim que, segundo Foucault é o exemplo mais antigo de um espaço heterotópico.¹⁷⁵

Relativamente à EISAC, esta é constituída pelo edifício conventual e pelo edifício *embasamento*. Procurou-se clarificar os interiores do edifício conventual, espaços alvos de várias intervenções ao longo dos anos. Neste sentido, o interior foi intervencionado, criando divisões com dimensões adequadas aos programas e estabelecendo uma relação mais clara entre estas e o ritmo dos vãos. Os elementos originais do convento, nomeadamente o corpo da igreja, os paramentos estruturais e a volumetria, foram mantidos.

A distribuição dos espaços com usos públicos, semi-públicos e privados, foi feita tendo em conta a facilidade de acesso e a volumetria dos edifícios em causa. Neste sentido, os usos públicos localizam-se, na sua maioria, no piso térreo, tanto no edifício conventual (loja, bar) como no edifício *embasamento* (sala de exposições temporárias, auditório, café). Excepção feita a três espaços que, por possuírem características espaciais de especial interesse devem, segundo a opinião do autor, ser passíveis de ser utilizadas pelo público geral. Estes espaços são a antiga cave do convento, onde os arcos de pedra criam um ritmo constante, a cisterna, caracterizada pelos elementos estruturais (pilares e abóbadas nervuradas) e pelo revestimento cerâmico (Figura 79), e o último piso do convento, onde se torna possível a visualização da estrutura da cobertura em madeira (Figura 81) e, por se tratar, dentro do complexo, do local com a vista mais privilegiada sobre a cidade (Figura 82).

174 Pedro Pacheco, José Aguiar; *Construir no Construído: Heterotopias, Memória e Cidade - a Colina de Sant'Ana*. Lisboa: FAUTL, 2011. p. 5.

175 “A heterotopia consegue sobrepor, num só espaço real, vários espaços, vários sítios que por si só seriam incompatíveis. Assim é o que acontece num teatro, no rectângulo do palco, em que uma série de lugares se sucedem, um atrás do outro, um estranho ao outro; assim é o que acontece no cinema, essa divisão rectangular tão peculiar, no fundo da qual, num ecrã bidimensional se podem ver projecções de espaços tridimensionais. Mas talvez o exemplo mais antigo deste tipo de heterotopias, destes sítios contraditórios, seja o do jardim” e “O jardim é a mais pequena parcela do mundo e é também a totalidade do mundo; tem sido uma espécie de heterotopia feliz e universalizante desde os princípios da antiguidade”; Tradução livre de: “The heterotopia is capable of juxtaposing in a single real place several spaces, several sites that are in themselves incompatible. Thus it is that the theater brings onto the rectangle of the stage, one after the other, a whole series of places that are foreign to one another; thus it is that the cinema is a very odd rectangular room, at the end of which, on a two-dimensional screen, one sees the projection of a three-dimensional space; but perhaps the oldest example of these heterotopias that take the form of contradictory sites is the garden” and “The garden is the smallest parcel of the world and then it is the totality of the world. The garden has been a sort of happy, universalizing heterotopia since the beginnings of antiquity” in Michel Foucault, Jay Miskowicz; *Of Other Spaces*. EUA: The Johns Hopkins University Press, 1986. pp. 25 e 26.



Programaticamente, estes espaços albergam uma livraria, um espaço expositivo e uma biblioteca. No que toca aos espaços de uso privado, nomeadamente a zona administrativa, esta localiza-se no edifício adjacente ao convento, dada a sua próxima ligação com a entrada principal da escola e por se destacar volumetricamente da estrutura original do convento. Relativamente aos espaços semi-públicos, como as salas de aula, estes ocupam, no edifício conventual, os pisos 01 e 02 e, no edifício *embasamento*, a zona Sul e Poente, de forma a se distanciarem dos núcleos públicos da escola.

A distribuição dos usos teve também em consideração os requerimentos espaciais indicados para cada um destes. Nesse sentido, dada a maior compatibilidade, as salas de aulas teóricas (que requerem espaços menores) estão situadas no edifício conventual, enquanto que as salas de aulas práticas, o auditório e as salas de exposição, como necessitam de espaços com uma maior área ou um pé-direito mais alto, estão localizadas no edifício *embasamento*. Houve, ainda, o cuidado de permitir o funcionamento do auditório e da sala de exposições autonomamente, mesmo que a escola se encontre encerrada, de forma a garantir uma maior viabilidade económica.

Durante o desenho da proposta, foram estudadas várias estratégias bioclimáticas, que serão apresentadas de seguida, primeiro abordando o complexo e, depois, abordando o edifício conventual.

10.2 Estratégias bioclimáticas aplicadas no espaço público

No desenho do espaço público exterior foram tidas em consideração um conjunto de estratégias bioclimáticas, de forma a reduzir o impacto causado pela sua construção e operação. Pretendeu-se, também, criar diferentes atmosferas, passíveis de serem desfrutadas por diferentes utilizadores.

O primeiro passo consistiu na hierarquização do espaço público do complexo. No seguimento da metáfora da acrópole (Figura 83), são desenhados dois espaços principais, nomeadamente, uma praça mirante, que se caracteriza pela relação visual com a cidade e, adjacente a esta, numa cota inferior, um jardim intimista (Figura 84). Ambos os espaços têm uma boa exposição solar por se encontrarem orientados a Sul e Poente e por não possuírem sombras projectadas relevantes.

No jardim procurou-se, através de diferentes elementos, a criação de várias escalas de intimidade. A vegetação foi o elemento privilegiado para este processo que, através da sua maior ou menor densidade, criam espaços com maior abertura ou maior encerramento. A utilização abundante de material vegetal, para além de caracterizar o espaço, melhoram a qualidade do ar, factor que ganha especial relevância em contextos urbanos, como é o caso. Pretendeu-se, também, criar percursos dinâmicos, ritmados pela luz e pela sombra (Figura 85). Para além das árvores e arbustos, são também utilizadas pérgulas para este fim. No centro do jardim, existe uma zona com vegetação rasteira (clareira), elemento de grande importância para o projecto pois expõe o edifício do *embasamento*, dando uma leitura mais clara do efeito de pódio na paisagem urbana da colina e permitindo uma vista desafogada sobre a cidade a partir da praça.

Relativamente à água, esta é utilizada tanto no jardim como na praça. Para além de caracterizar os espaços contíguos visualmente, fisicamente e sonoramente, a sua presença permite a atenuação da temperatura, contribuindo para a melhoria das condições de conforto dos espaços (Figura 86). Desenvolveram-se também estratégias de recolha das águas pluviais, de modo a que estas sejam posteriormente utilizadas em sistemas de rega.

Dada a localização do complexo desenvolvido, houve uma preocupação com o aumento da área permeável¹⁷⁶, reduzindo o risco de inundações nas zonas mais baixas. Nesse sentido, os materiais utilizados nos pavimentos dos caminhos foram a calçada e a saibro compactado.

176 Lisboa é, segundo Agência Europeia de Ambiente a quarta cidade europeia com maior área impermeável (60%). in "Urban soil sealing in Europe" in <http://www.eea.europa.eu/articles/urban-soil-sealing-in-europe>

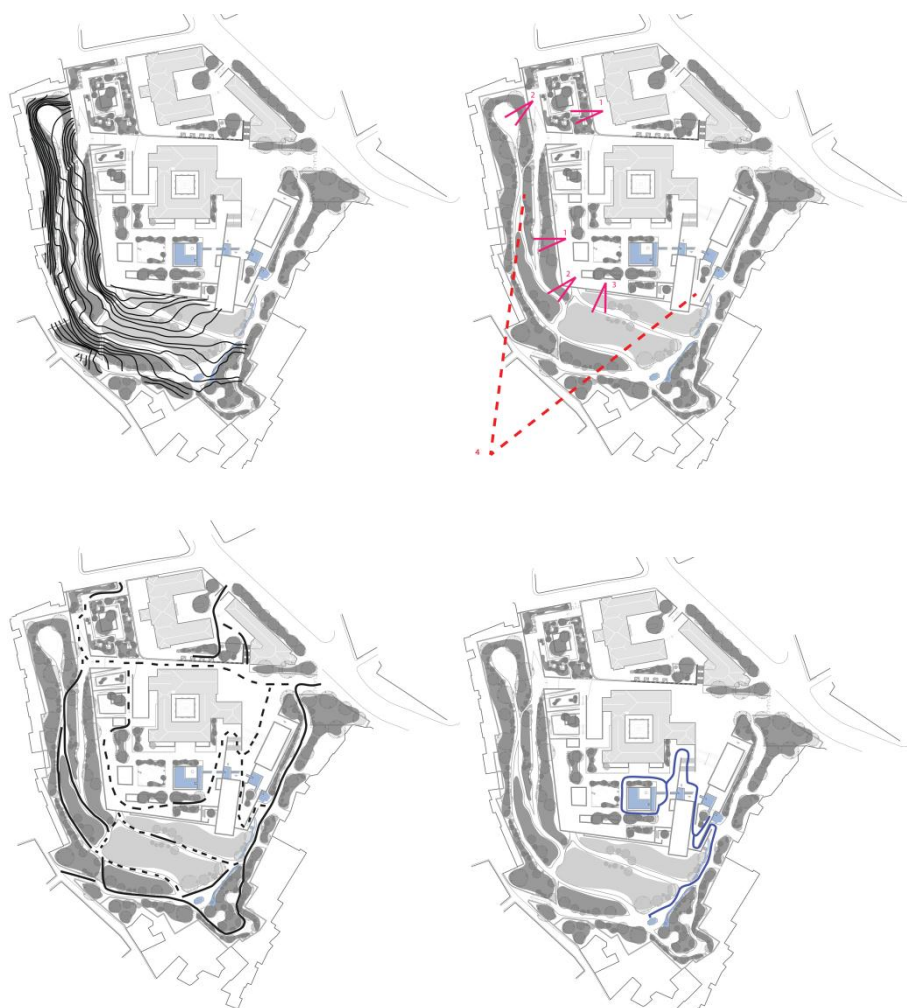


Figura 81: Esquema sobre a metáfora da acrópole.
(fonte: autoria própria)

Figura 82: Esquema sobre o sistema de vistas.
(fonte: autoria própria)

Figura 83: Esquema dos percursos de luz e sombra.
(fonte: autoria própria)

Figura 84: Esquema sobre a presença da água.
(fonte: autoria própria)

No eixo da entrada principal do recinto (uma das zonas de cargas e descargas) foram utilizados no pavimento blocos de cimento purificador do ar. Estes blocos contêm, na camada superior, dióxido de titânio, um material fotocatalítico que usa luz solar para converter os óxidos de nitrogénio, emitidos pelos tubos de escape, em nitratos inofensivos.¹⁷⁷ Testes de aplicação deste blocos no pavimento de estradas revelaram que a concentração de óxidos de nitrogénio chegava a ser 50% inferior à que se encontrava nas estradas pavimentadas com materiais convencionais.¹⁷⁸

Sendo os edifícios um enorme “*armazém*” de materiais, tentou-se reduzir o impacto causado pela demolição dos edifícios através do reaproveitamento de elementos, como telhas e tijolos maciços, pontualmente utilizados em pavimentos (Figuras 87 e 88); pedra e tijolos partidos, utilizados em decoração de canteiros; molduras de pedra de janelas e azulejos, utilizados como elementos escultóricos; material cerâmico partido, utilizado em betões leves; e entulho para modelação do terreno.

No edifício do *embasamento* são utilizadas, como material de revestimento de fachadas e coberturas (praça mirante), placas de pedra. Pretendeu-se utilizar um material que transmitisse um carácter de massa, reforçando o conceito de “*pódio*”. Como um dos principais impactos ambientais causados pela utilização de pedra está relacionado com o processo de extracção, que prejudica gravemente o ecossistema e a paisagem,¹⁷⁹ foram escolhidos produtos feitos a partir de sobras das pedreiras, ou seja, pedras artificiais. Apesar de possuírem cimento na sua composição, material evitável quando possível, “*conseguem-se resultados surpreendentes e produtos que se trabalham tal qual as pedras naturais, com espessuras até inferiores e durezas superiores*”.¹⁸⁰ Desta forma, dá-se um aproveitamento desta matéria prima que, de outra forma, iria para um aterro. A pedra artificial, além de uma grande longevidade, é, ainda, graças à sua composição natural, um material reciclável.

177 Miguel Pinto Guedes; “*Pavimento em blocos de cimento purificador do ar*” in AeS: Arquitectura e Sustentabilidade. 2009. Consultado em 2013 01 30: <http://www.arquitecturaesustentabilidade.com/material.php?id=13>

178 Ricardo Teixeira; “*O Betão que Purifica o Ar*” in Engenharia Portugal. Dia 26 de Junho de 2011. Consultado em 2013 01 30: <http://www.engenhariaportugal.com/o-betao-que-purifica-o-ar>

179 Miguel Pinto Guedes; “*Pedras naturais*” in AeS: Arquitectura e Sustentabilidade. 2009. Consultado em 2013 01 30: <http://www.arquitecturaesustentabilidade.com/material.php?id=2>

180 Miguel Pinto Guedes; “*Pedras artificiais – aglomerados e reconstituídos de pedra/cimento*” in AeS: Arquitectura e Sustentabilidade. 2009. Consultado em 2013 01 30: <http://www.arquitecturaesustentabilidade.com/material.php?id=3>

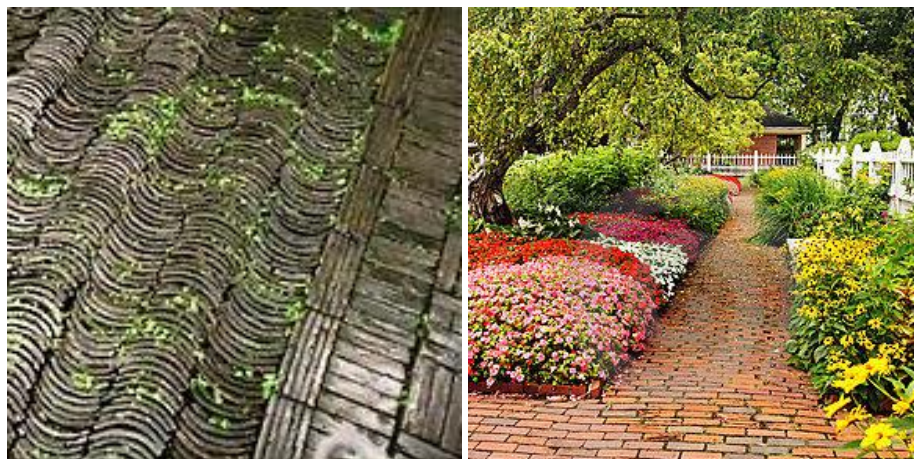


Figura 85: Reaproveitamento de telhas para pavimento em Zhujiajiao, Shanghai.
(fonte: tierneyconner.blogspot.pt)

Figura 86: Reaproveitamento de tijolos maciços para pavimento.
(fonte: <http://www.dreamstime.com/stock-image-brick-garden-path-image23616321>)

10.3 Estratégias bioclimáticas aplicadas na EISAC

No projecto da EISAC, tal como no restante complexo, houve cuidados no desenho, de forma a incentivar um maior equilíbrio energético-ambiental do equipamento durante todo o ciclo de vida.

Nas opções iniciais de projecto (Capítulo 4), estes cuidados começam com a orientação do edifício. Embora se trate de uma intervenção num edifício existente (convento), houve, no desenho do complexo, a preocupação de maximizar a insolação sobre a fachada Sul do convento. Para tal, foram substituídos os edifícios adjacentes a esta fachada, reduzindo as sombras projectadas sobre a mesma. Relativamente ao edifício *embasamento*, por se tratar de um edifício largo e profundo, houve a necessidade de criar pátios, de modo a assegurar iluminação e ventilação natural (Figura 89).

Em toda a escola, o percurso solar foi um factor preponderante para a organização espacial. Assim, os espaços com maior utilização, nomeadamente as salas de aulas, salas de convívio, café e bar, foram orientados, na sua maioria, a Sul, Nascente e Poente, enquanto que os espaços com menos utilização, como arrumos, instalações sanitárias e circulações, foram orientados a Norte ou interiormente (Figura 90).

No projecto, foram utilizados, sempre que possível, materiais com baixo impacto ecológico. Neste sentido, os pavimentos são em material cerâmico para as zonas de água; em betonilha afagada (com aproveitamento de cerâmicos partidos da demolição dos edifícios) para o parque de estacionamento, zonas técnicas e arrumos; sem madeira, oriunda de florestas replantadas, nas salas de aula, biblioteca, sala de exposição temporária e salas de convívio; e em pedra sintética nas zonas de circulação. No que toca às paredes, estas são, na sua maioria, revestidas a reboco pintado de branco (que incentiva, quando aplicado no interior do edifício, uma distribuição mais uniforme da luz ao longo dos espaços ou, quando aplicado no exterior, uma maior reflexão dos raios solares). Pontualmente, são ainda utilizados painéis OSB (que aproveitam restos de madeira), na cobertura da biblioteca, e alcatifa e painéis de gesso cartonado no auditório. Sempre que possível, foram adoptados sistemas de construção a seco, permitindo o reaproveitamento dos materiais, caso estes sejam substituídos.

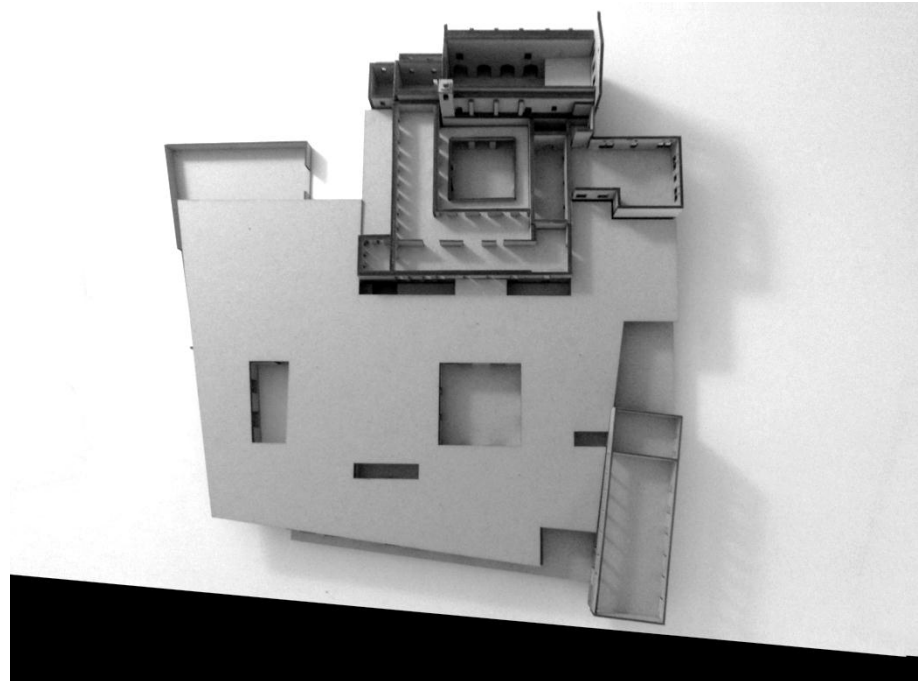


Figura 87: Fotografia de uma maquete de estudo da EISAC.
(fonte: tierneyconner.blogspot.pt)

Figura 88: Esquema com as orientações das divisões do piso térreo da EISAC.
(fonte: <http://www.dreamstime.com/stock-image-brick-garden-path-image23616321>)

Para garantir a redução de perdas térmicas por convecção e, ao mesmo tempo, conferir aos espaços inércia térmica, as paredes e os tectos são constituídos por materiais densos (alvenaria em tijolo ecológico (Figura 91)¹⁸¹, estrutura em betão e revestimento em reboco) com isolamento térmico pelo exterior (aglomerado negro de cortiça¹⁸²).

Em relação ao desenho passivo (capítulo 5), optimizaram-se os ganhos solares através da utilização de paredes de armazenamento térmico na fachada Sul do convento. De modo a restringir os ganhos excessivos no Verão, foram adoptados sistemas de sombreamento nos envidraçados: a profundidade da fachada, estores exteriores de lâminas, telas interiores e barras verticais exteriores (a Poente). Permite-se a regulação da entrada de luz no espaço interior através das telas e dos estores de lâminas. Foram ainda utilizadas árvores de folha caduca nos pátios do edifício *embasamento*, de modo a restringir a entrada de raios solares no Verão.

No que diz respeito à ventilação dos espaços, esta é realizada, quase exclusivamente, de uma forma natural. Para tal, são colocadas janelas oscilo-batente na fachada e bandeiras nas portas de acesso aos corredores, favorecendo a ventilação cruzada, e clarabóias (nas zonas de circulação vertical na cisterna e no corredor interior do segundo piso do convento), motivando uma ventilação induzida. A presença da água no pátio principal do edifício *embasamento* ou no claustro do edifício conventual permite, ainda, uma ventilação com arrefecimento evaporativo.

181 Trata-se de um tijolo com características semelhantes aos tijolos convencionais porém produzido a partir dos entulhos conseguindo reduzir o volume de resíduos levados para os aterro. Para além disto, no processo de produção não é utilizada combustão na secagem, evitando a emissão de CO no meio ambiente. Por se tratar de um tijolo ecológico, a secagem é natural.

182 "A cortiça apresenta-se, assim, como um produto natural, reciclável e biodegradável, leve, impermeável a gases e líquidos, elástico e compressível, não alimenta a propagação da chama, resistente ao atrito e com excelentes propriedades de isolamento térmico, acústico e vibrático." in Miguel Pinto Guedes; "Construção com cortiça" in AeS: Arquitectura e Sustentabilidade. 2009. Consultado em 2013 01 31: <http://www.arquitecturaesustentabilidade.com/material.php?id=9>



Figura 89: Fotografia de exemplo de aplicação de tijolos ecológicos.
(fonte: <http://www.revistahabitare.com.br/ecologia/tijolo-de-entulho-a-reciclagem-do-entulho-e-uma/34>)

As águas pluviais são captadas para duas cisternas (a pré-existente e uma nova sob o claustro do convento) sendo posteriormente utilizadas nos sistemas de rega. Dá-se também o tratamento das águas cinzentas para descargas de autoclismos.

Na sala de exposições associada à cisterna pré-existente, por se tratar de um espaço enterrado sem contacto com o exterior, são utilizados túneis de luz, de modo a iluminar, naturalmente, o espaço em questão.

Em termos de sistemas activos (capítulo 6), são utilizadas três formas de microgeração energética.

A primeira é o sistema de colectores solares, colocados na cobertura do edifício conventual. Pretende-se, com este sistema, aquecer, quando possível, as águas quentes utilizadas na escola (instalações sanitárias, balneários, café e bar). A orientação em relação a Sul dos colectores solares, embora seja boa, não é a ideal (Figura 92). Tal facto justifica-se pela procura de uma melhor integração entre o sistema e a arquitectura existente, sendo os colectores solares colocados paralelamente à inclinação e sobre a orientação do telhado.

A segunda forma de microgeração de energia consiste num sistema de painéis fotovoltaicos. Pretende-se, com este sistema, a produção de parte da electricidade a utilizar na operação da escola. A orientação destes painéis seguem os mesmos princípios que os utilizados nos colectores solares. Sendo a intermitência da radiação solar um problema para o desempenho deste sistema, é utilizado um terceiro sistema: aerogeradores. Este sistema funcionará como complemento ao abordado anteriormente, sendo previsto que produza outra parcela da energia eléctrica consumida na escola, em especial nos períodos de ausência de adiação solar directa. As turbinas utilizadas possuem eixo vertical, indicadas para contextos urbanos. A sua colocação é remetida para a zona Poente da praça mirante por dois motivos: trata-se de uma zona com grande exposição aos ventos dominantes (Figura 93) e fazem parte integrante da praça, funcionando como elementos escultóricos e sensibilizando os utilizadores para preocupações ambientais.

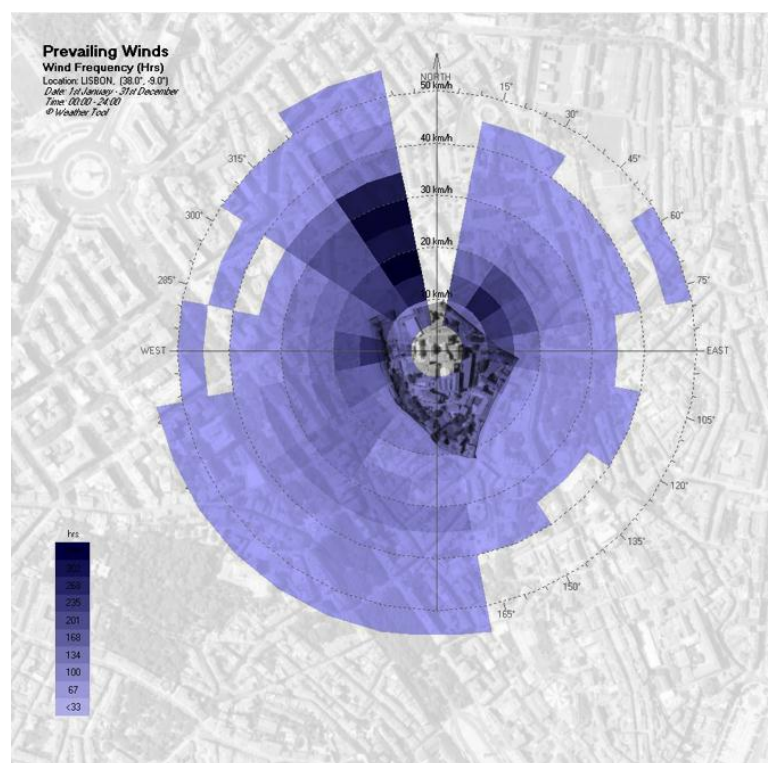
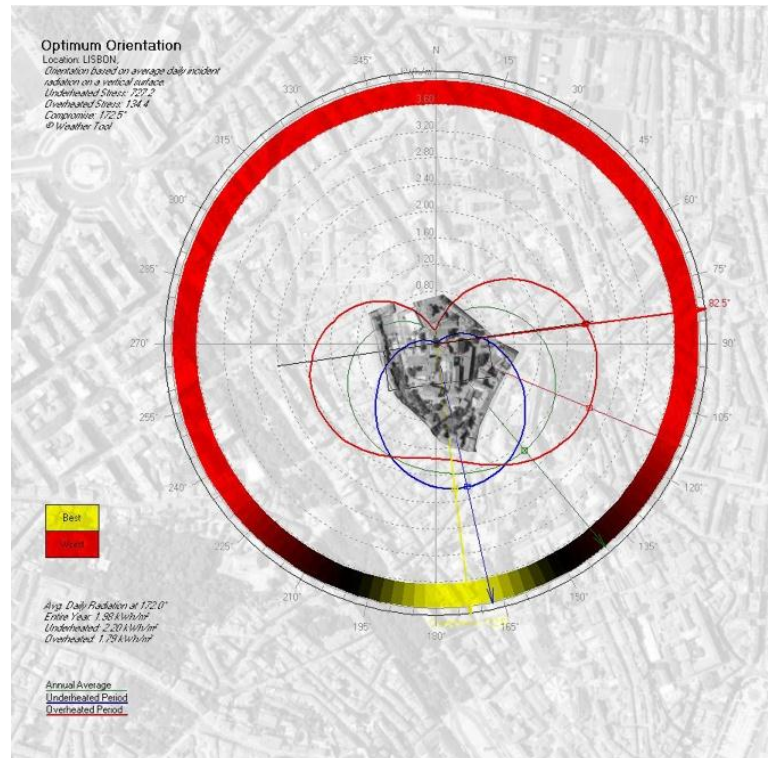


Figura 90: Carta de insolação de Lisboa sobre fotografia aérea do local do projecto.
(fonte: autoria própria, dados: ECOTECT)

Figura 91: Carta de exposição eólica de Lisboa sobre fotografia aérea do local do projecto.
(fonte: autoria própria, dados: ECOTECT)

CONCLUSÃO

Todo o meio edificado, seja ele interior ou exterior, consome recursos na sua construção, operação e demolição. Esta dissertação procura demonstrar diferentes estratégias a aplicar no desenho de espaços, de forma a reduzir o seu impacto ambiental nestes três períodos, sem, com isso, reduzir o conforto por eles potenciado.

O desenho bioclimático torna-se cada vez mais premente, dada a actual crise ecológica do planeta. Hoje, o ser humano consome recursos a um ritmo superior ao que são naturalmente gerados dado que as sociedades modernas estão assentes em sistemas mecânicos que necessitam de combustível para funcionar. Como a energia utilizada é, na sua maioria, de origem fóssil, são criados graves problemas de poluição, como o detrimento da qualidade do ar, o aquecimento global, o aumento do nível da água dos oceanos, a destruição de ecossistemas, entre muitos outros.

Os edifícios, por consumirem uma parcela significativa de recursos, surgem como campos privilegiados de actuação. O excesso de oferta presente nas sociedades modernas faz com que seja necessário intervir no parque edificado existente. Embora existam grandes condicionantes, principalmente nas opções iniciais do projecto (localização, orientação, materiais estruturais, entre outros), é possível, através de estratégias bioclimáticas, melhorar significativamente o seu desempenho energético. Estas estratégias devem ser aplicadas no seguimento de três objectivos centrais: a redução do consumo de recursos, a melhoria do desempenho energético e a produção de energia a uma escala local.

A presente dissertação demonstra um conjunto alargado de medidas e sistemas bioclimáticos, soluções ao dispôr das equipas projectistas que ajudam a alcançar estes objectivos. Embora tenham sido abordados sequencialmente e segundo a pirâmide de Norbert Lechner, de forma a garantir uma maior legibilidade, considerou-se necessário demonstrar a sua aplicabilidade conjugada. Neste sentido, foram apresentados dois casos de estudo: um projecto de construção nova e uma intervenção numa pré existência.

Tanto a *Torre Verde* como a *Casa da Memória* são provas que o desenho do edifício, quando adequado ao clima onde se encontra, é capaz, na maioria das vezes, de alcançar elevados níveis de conforto com baixo consumo de recursos energéticos.

A investigação feita para o desenvolvimento desta dissertação serviu, ainda, como base para um projecto de arquitectura, nomeadamente a intervenção no Hospital Santo António dos Capuchos. Ambos os trabalhos sofreram influências mútuas o que levou ao alcance de uma maior coerência. O confronto com a realidade relativa ao exercício projectual condicionou, em muito, a aplicação das medidas bioclimáticas, sendo encarado como um desafio criativo.

O principal objectivo da realização deste trabalho foi sensibilizar os leitores para as problemáticas aqui apresentadas, e demonstrar orientações e premissas para as suas resoluções. Passos relevantes têm sido dados para assegurar um melhor equilíbrio entre os edifícios e o meio ambiente, porém, ainda há muito a fazer. Muitos sistemas bioclimáticos apresentados aqui são uma novidade para bastantes projectistas, o que se revela um enorme lacuna. Tal situação é agravada pois estes profissionais possuem uma posição privilegiada no que respeita à sensibilização dos clientes. Em Portugal, os sistemas de microgeração energética continuam a ser uma minoria; muitos edifícios possuem vidros simples; outros tantos não possuem isolamento térmico e os que possuem utilizam, na sua maioria, produtos derivantes de substâncias petrolíferas (e isto no país que assume a liderança na produção de cortiça). Continua a ser diminuta a quantidade de material que é reutilizado ou reciclado na construção.

Requer-se uma mudança de mentalidades.

As conclusões aqui apresentadas, podem constituir um ponto de partida para outras investigações a desenvolver. Os princípios básicos apresentados neste trabalho, embora sejam desenvolvidos no contexto arquitectónico, podem ser considerados em outras áreas do conhecimento. Apenas um sistema organizado e unido, onde todas as partes contribuem para um mesmo fim, poderá triunfar.

19424 palavras

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV.; *A Green Vitruvius – princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*. Lisboa: Ed. Ordemos Arquitectos; 2001.
- AA.VV.; *Construção Sustentável- Soluções robustas para a Reabilitação sustentável*; Sintra: Ed. Tirone Nunes S.A. p. 20.
- AGUIAR, José; *ATIC Magazine*; nº 24; Novembro; Lisboa; ATIC; 1999.
- ALVES, Jorge de Lima; *De conventos a hospitais : evolução secular dos mosteiros de Santo António dos Capuchos e Nossa Senhora doDesterro: 1570 – 1993*; Lisboa: CML, 1993.
- CALDAS, Luísa; *Estratégias – Ventilação Natural*; Documento de apoio à disciplina “Conforto Ambiental”. FA-UTL. Outubro de 2011.
- CALIXTO, Luís Filipe Viseu; *Arquitectura e Urbanismo Sustentável: Um estudo na Zona Oriental de Lisboa*; Lisboa: IST, 2008.
- DALY, Herman E.; TOWNSEND, Kenneth N; *Valuing the earth: Economics, Ecology, Ethics*; Ed.: The MIT Press, Cambridge, E.U.A.; 2nd edition (January 1, 1993). p. 267. ISBN 0-262-54068-1.
- GAVIÃO, João; *Dissertação: Proposta de reabilitação de edifícios de habitação de acordo com os padrões Passive House*; Ed. Universidade do Minho; Guimarães; Portugal; 2011.
- LECHNER, Norbert; *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architect*; Londres; 2006.
- OLGAY, Aladar; OLGAY, Victor; *Solar Control and Shading Devices* New Jersey: Princeton University Press, 1957
- PIEDADE, António Canha da; *Edifícios para viver melhor, Construção Sustentável - Estratégias, Projectos e Sistemas de Apoio*; Ed. FUNDEC/IST, Lisboa, Portugal; 2003.
- PINHEIRO, Manuel Duarte; *Ambiente e Construção Sustentável*; Amadora: Instituto do Ambiente; 2006. ISBN: 972-8577-32-x.
- TIRONE, Livia, NUNES, Ken; *Construção Sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Ed. Tirone Nunes S.A.; Sintra; 2007.

Documentos/Artigos Electrónicos:

- AA.VV.; *Construção Sustentável - Proporção Adequada das Áreas Envidraçadas* in *Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges*. Consultado em 2013/01/10, disponível em: <URL: <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Proporcao-Adequada-das-Areas-Envidracadas>>
- AA.VV.; *“Paredes Trombe” in Construção Sustentável: Big Cities, Big Challenges*. Consultado em 2013/01/07, disponível em: <URL: <http://construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Paredes-Trombe>>
- CNUMC; *Kyoto Protocol*; 1998. p. 03. Consultado em 2012/12/28, disponível em: <URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>
- EUROSTAT; tabela: *“Consumption of electricity by industry, transport activities and households/services”; 2010*. Consultado em 2012/08/26, disponível em: <URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00094&language=eN>>
- EUROSTAT; tabela: *“Final energy consumption, by sector”; 2010*. Consultado em 2012/08/26, disponível em: <URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdpc320&plugin=1>>
- GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. Consultado em 2013/01/07, disponível em: <URL: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>>
- INE; *Estatísticas da Construção e Habitação 2011*; Ed. INE; Lisboa, Portugal; 2012; ISBN 978-989-25-0165-9.

- GUEDES, Miguel Pinto; *Eco Jornadas: reabilitação*; PassivHaus Zero-energy, Outubro de 2012. Consultado em 2013/01/04, disponível em: URL:
https://dl.dropbox.com/u/70920372/ecoportunadas/2012_10_24_APRESENTA%C3%87%C3%83O%20E%20JORNADAS%20REABILITA%C3%87%C3%83O_01.pdf>
- GUIMARÃES 2012; “Casa da Memória”. Guimarães: Fundação Cidade de Guimarães, 2012. Consultado em 2013/01/26, disponível em: <URL:
<http://www.guimaraes2012.pt/index.php?cat=123&item=659>>
- LIDERA; *Torre Verde*; Lisboa, 2007. Consultado em 2013/01/24, disponível em: <URL:
<http://www.lidera.info/index.aspx?p=MenuContPage&MenuId=19&ContId=25>>
- MADEIRA, Cátia; *A Reabilitação Habitacional em Portugal - Avaliação dos Programas RECRIA, REHABITA RECRIPH E SOLARH*; Ed.FAUTL, Lisboa, Portugal; Maio de 2009. Consultado em 2012/08/31, disponível em: <URL: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/2601>>
- MENDONÇA, Paulo Jorge Figueira de Almeida Urbano de; *HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE: estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*; Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Tese de doutoramento. Consultado em 2013/01/07, disponível em:
<URL:<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>>
- PACHECO, Pedro, AGUIAR, José; *Construir no Construído: Heterotopias, Memória e Cidade - a Colina de Sant’Ana*. Lisboa: FAUTL, 2011.
- PALHINHA, Milene Silva de Jesus; *Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento*; Lisboa: IST; Abril de 2009. Consultado em 2013/01/05, disponível em: <URL:
<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/331475/1/Dissertacao.pdf>>
- PORDATA, “Produção bruta de electricidade por tipo de fonte energética (%)”; Março de 2012. Consultado em 2012/08/27, disponível em: <URL:
<http://www.pordata.pt/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>>

- PACHAURI, R.K.; Reisinger, A.; *“Climate Change 2007: Synthesis Report”*; IPCC: Suíça. Consultado a 2012/12/28, disponível em: <URL:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm>

- TESSMER, Hélio; *“Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem”* 2002; Consultado a 2012/12/28, disponível em: <URL:

<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716090416.pdf>>

- VALE, Teresa; GOMES, Carlos e CORTESÃO, Luisa; *Convento de Santo António dos Capuchos / Hospital de Santo António dos Capuchos*; Lisboa: SIPA, 2003. Consultado a 2013/01/28, disponível em: <URL: http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=3024>

PARTE IV

Anexos

Anexo A

Clima português

A.1 Tipos de clima em Portugal

Portugal apresenta um clima predominantemente temperado mediterrânico. Este clima caracteriza-se por apresentar Verões quentes, longos e secos e Invernos amenos e curtos. Possui uma amplitude térmica anual pouco acentuada e a precipitação ocorre, principalmente, no Outono e Inverno.

O clima sofre, porém, influências de determinados factores que o alteram ligeiramente, tornando-o, assim, heterogéneo. Assim sendo, existe, em Portugal continental, o clima temperado mediterrânico, o clima temperado mediterrânico de influência continental, o clima temperado mediterrânico de influência atlântica e o clima de altitude. (Figura 09).

No Centro e Sul do país o clima é temperado mediterrânico. É o clima mais quente de Portugal continental pois possui temperaturas médias suaves no Inverno e elevadas no Verão (amplitude térmica anual moderada). A precipitação é fraca, levando a uma maior quantidade de meses secos: entre quatro a seis meses secos. No Norte interior, o clima torna-se temperado mediterrânico de influência continental. Distingue-se por possuir uma amplitude térmica anual mais acentuada, com temperaturas baixas no Inverno e elevadas no Verão. Possui entre três a quatro meses secos. O clima temperado mediterrânico de influência atlântica, dado que *“a água [funciona] como elemento termo-regulador”*¹⁸³, é caracterizado por temperaturas médias amenas e por uma amplitude térmica anual moderada ou fraca. A precipitação é abundante, sobretudo no Outono e Inverno, possuindo apenas dois meses secos. Este clima localiza-se nas regiões no Norte litoral.¹⁸⁴

Por fim, os locais que apresentam clima de altitude caracterizam-se por possuírem temperaturas médias mais baixas do que em outros locais com a mesma latitude.¹⁸⁵ A temperatura é predominantemente baixa, levando a uma amplitude térmica anual igualmente baixa. A altitude induz, ainda, um acréscimo da pluviosidade. Este clima localiza-se nas Serras da Estrela e Monchique.

183 COSTA, Jorge (2006) Tese de Medrado: *“A água como elemento termo-regulador”*; Lisboa: Ed. FAUTL.

184 *“CLIMA TEMPERADO MEDITERRÂNEO”*. Consultado em 2012 11 02 http://www.aesap.edu.pt/Geografia/climas/clima_tempmedit.htm

185 Devido à menor densidade do ar, ocorre o decréscimo térmico de aproximadamente 1°C a cada 220 metros acima do nível do mar.

A arquitectura tradicional conseguiu responder a estas diferenças climáticas criando com isso a sua riqueza arquitectónica. Exemplos desta riqueza são as construções em granito e as coberturas em colmo, características das aldeias nortenhas; as aldeias de xisto do centro do país, ou as aldeias claras e caiadas do Alentejo e do Algarve, entre outros. Esta arquitectura começa a ser *“(...) reconhecida como o verdadeiro reduto da racionalidade. Não sobra nada na arquitectura vernácula; as soluções propostas são o resultado de séculos de empirismo. Simultaneamente, a relação com o meio acaba por ser a mais adequada, uma vez que ele próprio constitui a fonte da vida para todos aqueles que nele vivem; o meio é cuidadosamente preservado, transformado com extrema sensibilidade, nunca esquecendo que terá de ser transmitido as gerações vindouras.”*¹⁸⁶

Ao arquitecto de hoje cabe entender o passado e reinterpretá-lo no presente, tendo sempre em conta o futuro.

186 CENICACELAYA, Javier; BAGANHA, José (2004) *“Arquitectura Tradicional e Sustentabilidade”*; Novembro de 2004; Bilbao, Lisboa. Consultado em 2012 11 05: <http://www.jbaganha.com/pdf/pt/0201.pdf>

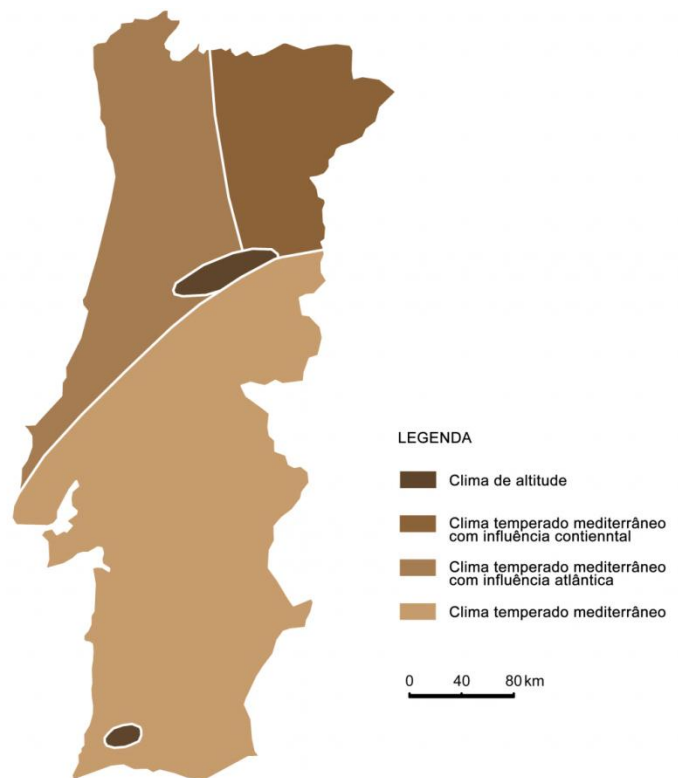


Figura 92: Tipos de clima em Portugal Continental.
(fonte: autoria própria)

A.2 Zonas climáticas de Portugal

Dadas as diferenças climáticas encontradas no território português, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE, criou um zonamento do território nacional: “O país é dividido em três zonas climáticas de Inverno (I_1 , I_2 e I_3) e em três zonas climáticas de Verão (V_1 , V_2 e V_3)”.¹⁸⁷

Este zonamento surgiu para facilitar a definição de requisitos para os projectos de novos edifícios e de grandes remodelações, de forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios, sem necessidades excessivas de energia, tanto no Inverno como no Verão.

A.2.1 Zonas climáticas de Inverno 1

As zonas climáticas I_1 caracterizam-se pela temperatura amena e clima pouco rigoroso nas estações frias. Estas zonas climáticas localizam-se no Centro e Sul do país, assim como no Litoral, pelo que se verifica uma influência marítima (Figura 10).

Como estratégias bioclimáticas a aplicar no Inverno, o RCCTE aconselha a promoção de ganhos solares; o isolamento da envolvente do edifício, de modo a restringir as perdas por condução e a utilização de paredes pesadas com isolamento pelo exterior, de forma a promover a inércia térmica. Durante o Verão, o regulamento destaca o sombreamento dos envidraçados, de modo a restringir os ganhos solares; o isolamento da envolvente do edifício e uma ventilação natural eficiente (transversal nocturna ou tubos enterrados). Acrescentam-se, ainda, às estratégias de Verão sobreditas, a promoção de uma inércia forte (para as zonas climáticas $I_1 - V_2$ e $I_1 - V_3$) e o arrefecimento evaporativo ($I_1 - V_3$).¹⁸⁸

187 DIÁRIO DA REPÚBLICA (2006) “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios”; Lisboa: Ed. Diário da República, nº 67; 4 de Abril de 2006. p. 2477;

consultado em 2012 09 13: <http://www.rccte.com/ficheiros/rccte.pdf>

188 GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João (2004) “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. p. 15 a 20. Consultado em 2012 11 27: <http://www.ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

A.2.2 Zonas climáticas de Inverno 2

As zonas climáticas I_2 possuem um Inverno moderado, com uma amplitude térmica mais alta e, por esta razão, estão sujeitas a uma regulamentação mais exigente. Estas zonas climáticas localizam-se no Centro e na transição entre o litoral e o Interior Centro/Norte (Figura 11).

Como estratégias bioclimáticas para a estação de aquecimento¹⁸⁹ o RCCTE aconselha, a promoção de ganhos solares; o isolamento da envolvente do edifício. No que toca à estação de arrefecimento¹⁹⁰, o regulamento sobredito aconselha o sombreamento dos envidraçados, de modo a restringir os ganhos solares; a restrição de ganhos por condução através do isolamento da envolvente do edifício e uma ventilação natural eficiente (transversal nocturna ou tubos enterrados). Acrescentam-se, ainda, às estratégias de Verão sobreditas, o arrefecimento evaporativo ($I_2 - V_2$ e $I_2 - V_3$).¹⁹¹ Durante todo o ano, dada a elevada amplitude térmica diária sentida nestas zonas, o regulamento aconselha a promoção de uma inércia térmica forte, de modo a restringir as perdas por condução.

A.2.3 Zonas climáticas de Inverno 3

As zonas climáticas I_3 são as mais rigorosas nas estações frias. Neste grupo, está incluída a zona climática $I_3 - V_3$, a mais severa do território nacional. Estas zonas climáticas localizam-se no Interior Norteno, onde a influência continental mais se faz sentir (Figura 12).

O RCCTE aconselha, para o Inverno, a promoção de ganhos solares e o isolamento da envolvente do edifício. Como estratégias para o Verão, o referido regulamento destaca o sombreamento dos envidraçados, de modo a restringir os ganhos solares; a restrição de ganhos por condução através do isolamento da envolvente do edifício; uma ventilação natural eficiente (transversal nocturna ou tubos enterrados) em conjunto com o arrefecimento evaporativo ($I_2 - V_2$ e $I_2 - V_3$). Dada a elevada amplitude térmica diária que se faz sentir nestas zonas é aconselhado, para todo o ano, a promoção de uma inércia térmica forte.¹⁹²

189 Estação convencional de aquecimento – “é o período do ano com início no primeiro decêndio posterior a 1 de Outubro em que, para cada localidade, a temperatura média diária é inferior a 15°C e com termo no último decêndio anterior a 31 de Maio em que a referida temperatura ainda é inferior a 15°C”. in: RCCTE – DL 80/2006; p. 2476

190 Estação convencional de arrefecimento – “é o conjunto dos quatro meses de Verão (Junho, Julho, Agosto e Setembro) em que é maior a probabilidade de ocorrência de temperaturas exteriores elevadas que possam exigir arrefecimento ambiente em edifícios com pequenas cargas internas”. in: RCCTE – DL 80/2006; p. 2476

191 GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João (2004) “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”; Lisboa: Ed. DGGE / IP-3E; Novembro de 2004. p. 21 a 26. Consultado em 2012 11 28: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

192 *Ibidem*: 27 a 32

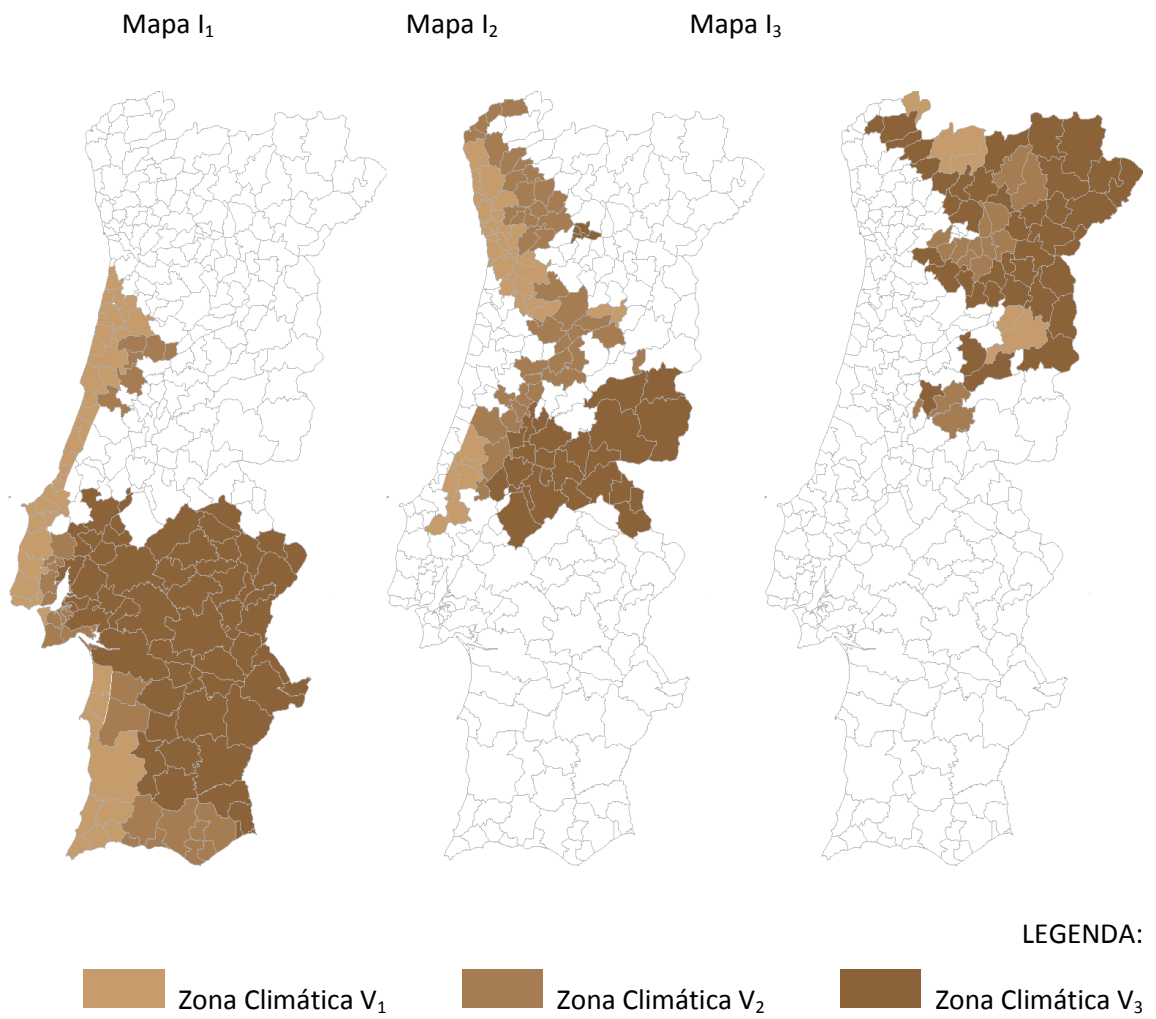


Figura 93 a 95: Mapa das Zonas climáticas I1, I2 e I3, conjugadas com as zonas climáticas V1, V2 e V3..
(fonte: autoria própria; dados: RCCTE, 2006)

Anexo B

Entrevistas

B.1 Entrevista realizada ao arquitecto Miguel Pinto Guedes¹⁹³

- (1) Qual foi a sua motivação para realizar uma reabilitação bioclimática na antiga fábrica de plástico Pátria, em Guimarães?

“A questão da sustentabilidade (que inclui inúmeros parâmetros entre os quais a energia, água, resíduos e materiais) para mim são sempre parte integrante da prática do dia-a-dia. No parâmetro da energia entraram naturalmente os conceitos bioclimáticos, se bem que não foram usados na forma plena, uma vez que se trata de um edifício existente em que tivemos que nos cingir à localização, implantação e aberturas de vãos existentes.”

- (2) Quais foram os objectivos gerais do projecto? E do ponto de vista energetico-ambiental?

“Do ponto de vista energético-ambiental estabelecemos um objetivo de alta classificação no RCCTE, o que não foi conseguido, segundo o projetista, pela impossibilidade de produção energética no edifício. Mesmo assim, para o projetista foi uma conquista conseguir o B- numa construção existente, segundo ele é muito difícil. Com os meus conhecimentos e interesse pela térmica, estabeleci à partida no projeto valores de coef transm térmica muito acima da média, e sobretudo acima dos valores referência do RCCTE. Tanto na envolvente como nos envidraçados. A possibilidade de ventilar naturalmente esteve sempre presente também (clarabóias e portas- janelas) dado o clima de certo modo extremo de Guimarães (muito frio e muito calor).”

¹⁹³ Entrevista realizada via correio electrónico em Janeiro e Fevereiro de 2013

- (3) Quais foram as principais condicionantes impostas pelo edificado existente para a concretização destes objectivos?

“Foram a Implantação e aberturas de vãos existentes. Sobretudo os vãos a sul virados para a rua, que necessitavam de um robusto sombreamento e os as clarabóias orientadas a nascente onde o controlo da incidência se fez através do valor g do envidraçado. Também pela existência de muita área de vãos orientados a norte, pela ideia concetual de ter um edifício transparente que permitisse ver que algo se passava dentro do quarteirão, foi necessário ter um vidro com um valor Ug elevado (neste caso 1,3).”

- (4) De um ponto de vista pessoal, como vê o estado da relação entre arquitectura e sustentabilidade em Portugal?

“Atualmente, como todos os conceitos novos que não são mensuráveis, há diversos estados. Acredito que dentro de uma década já ninguém falará desta palavra sustentabilidade uma vez que estará inerente à arquitetura (tal como os regulamentos diversos pelos quais nos regemos). Porém, é verdade que o grau de aprofundamento depende sempre de condicionantes que nos são externas (abertura de espírito do cliente, orçamento disponível e equipa projetista que colabore com a arquitetura).”

B.2 Entrevista realizada à Doutora Célia Pina Pilão¹⁹⁴

- (1) Qual considera ser o significado dos hospitais para a Colina de Sant’Ana?

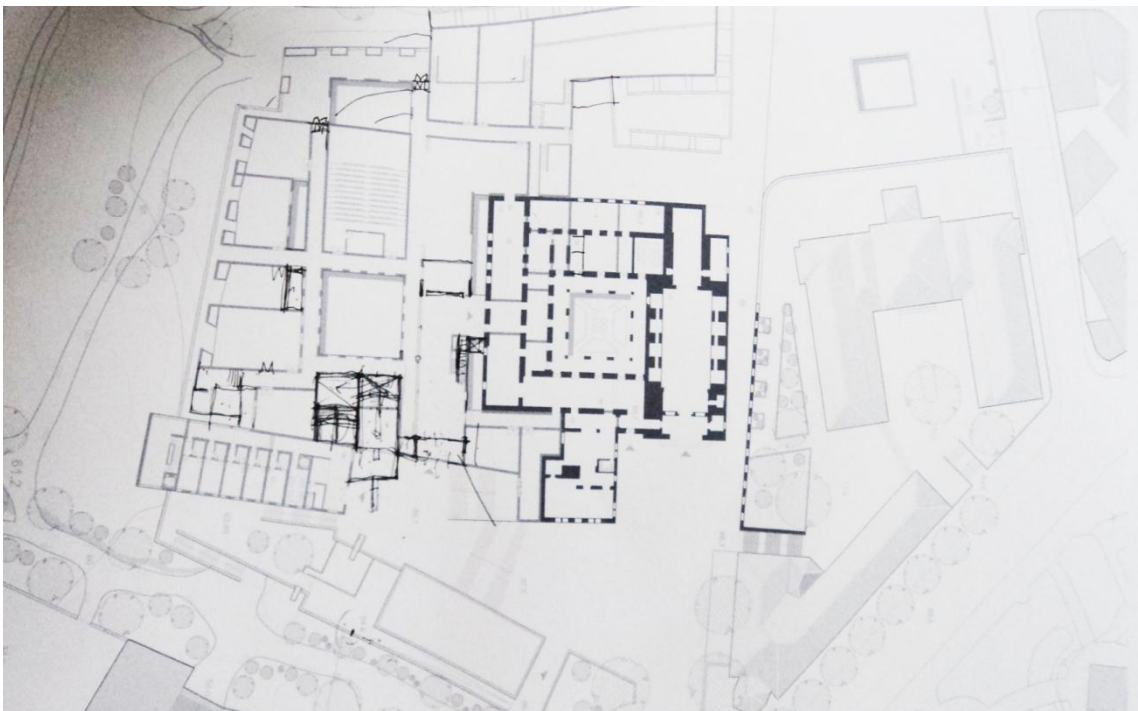
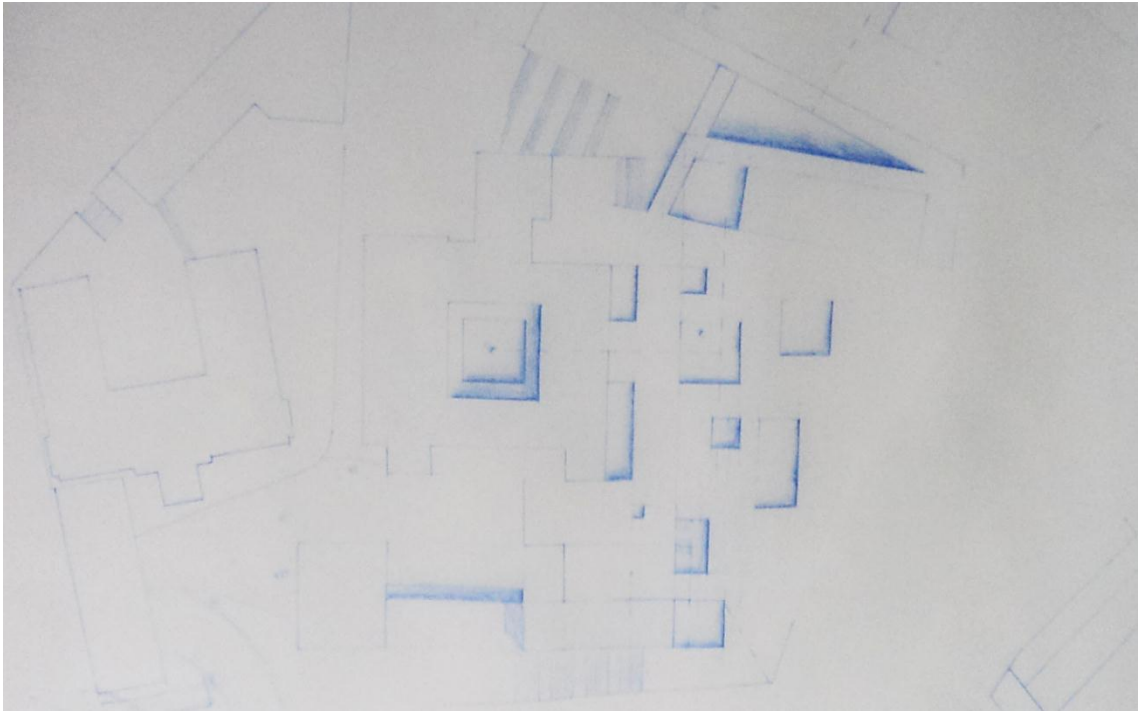
“A Colina de Sant’Ana é uma Colina de afectos: há 500 anos que trata da alma e do corpo dos seres mais frágeis. A caridade dos conventos e dos asilos foi continuada pela solidariedade dos hospitais que sempre minoraram o sofrimento. A Colina sempre teve portas abertas, dia e noite, para prestar cuidados. Vamos todos fazer com que as portas se não fechem. Todos temos o direito e o dever de continuar e melhorar o espírito da Colina e usufruir deste singular património”

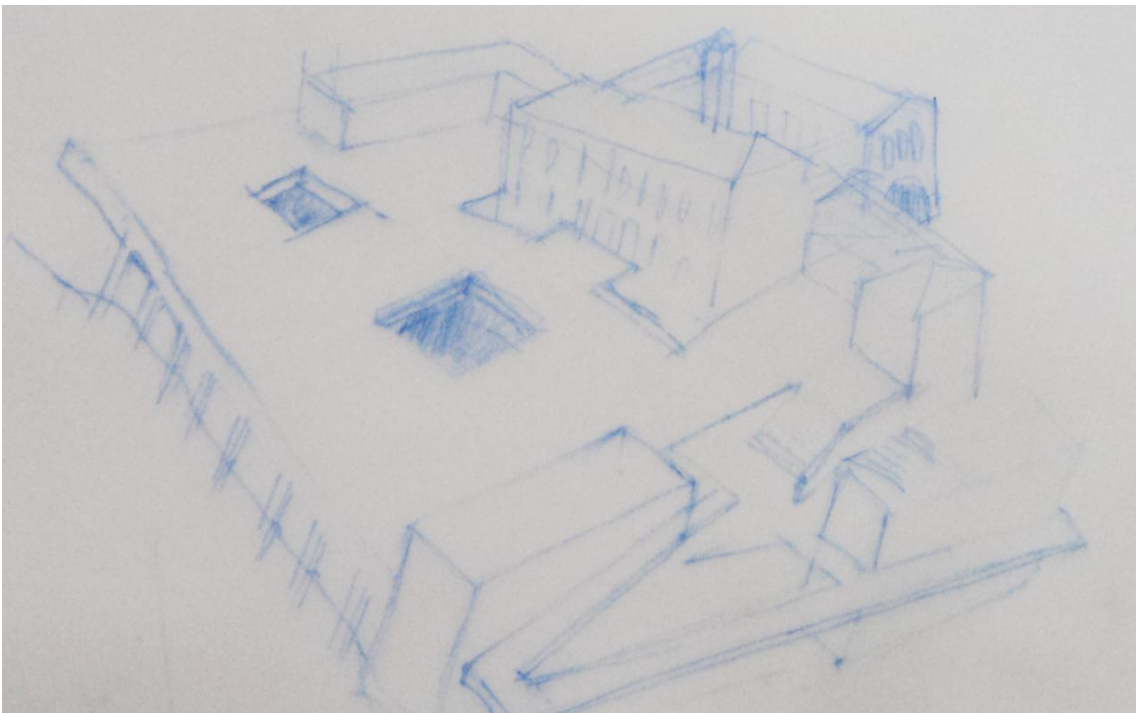
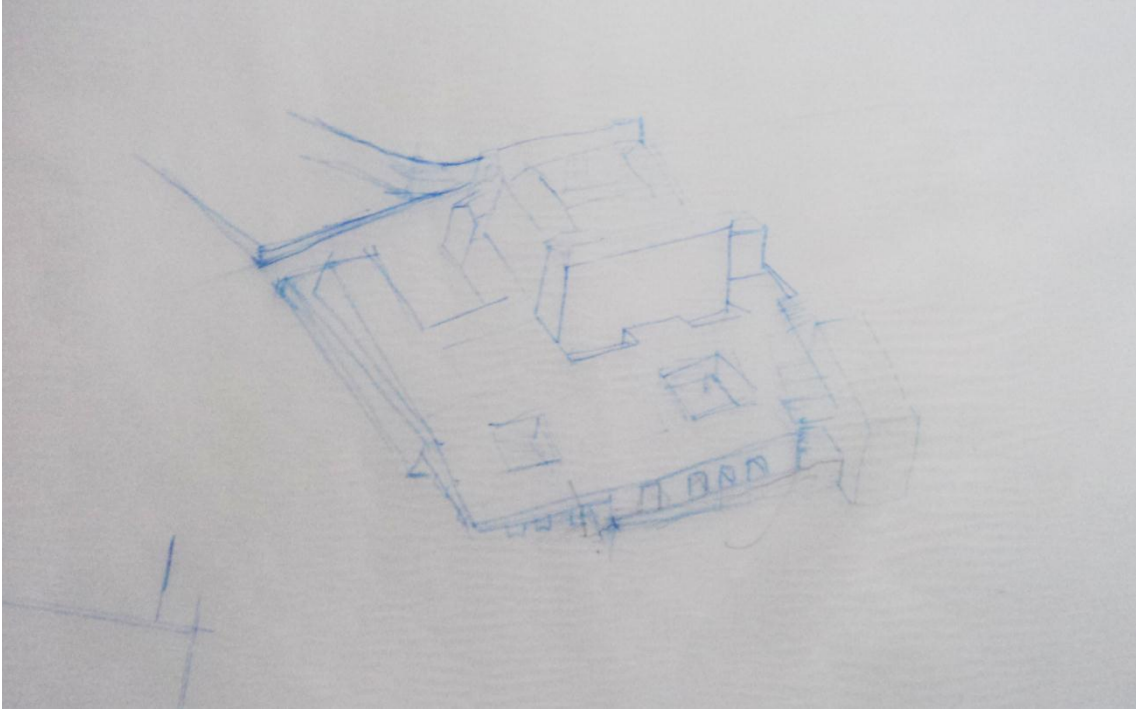
¹⁹⁴ Entrevista realizada via correio electrónico em Janeiro de 2013

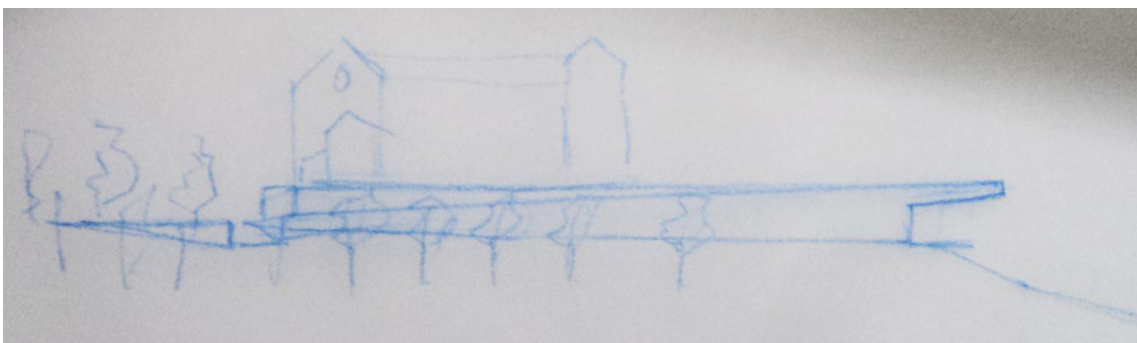
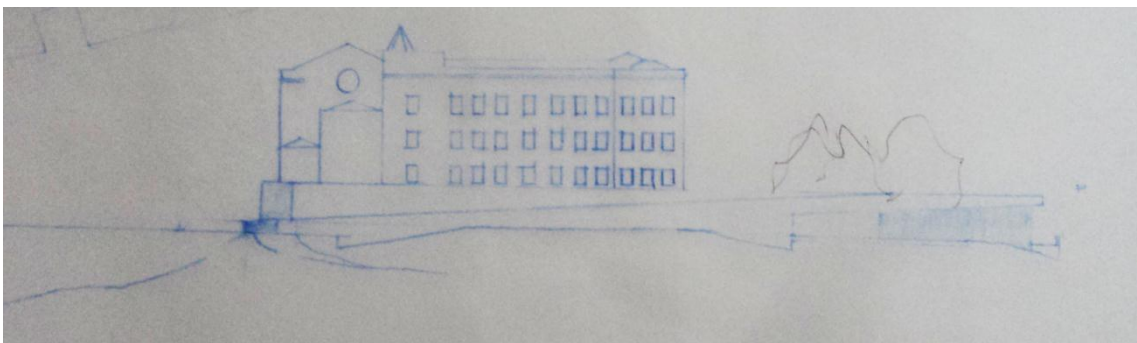
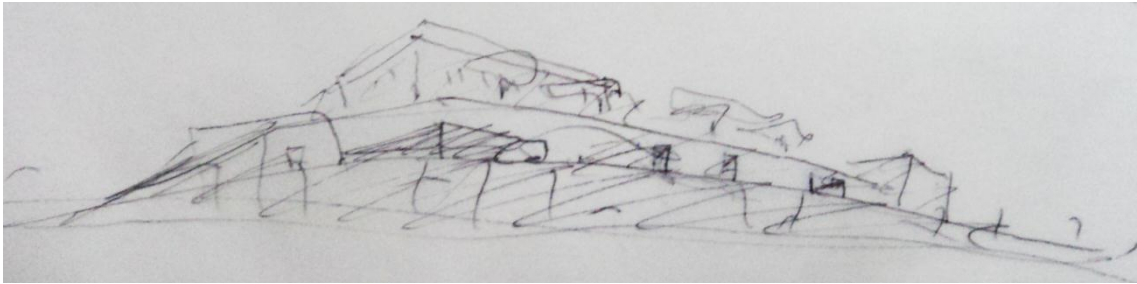
Anexo C

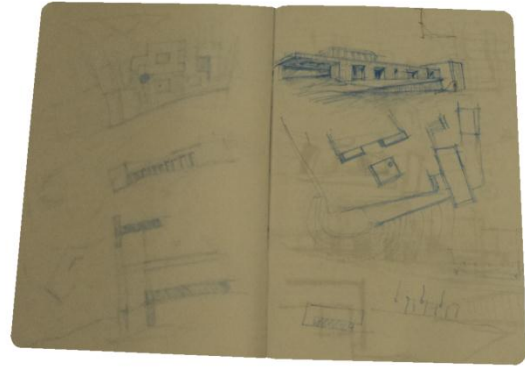
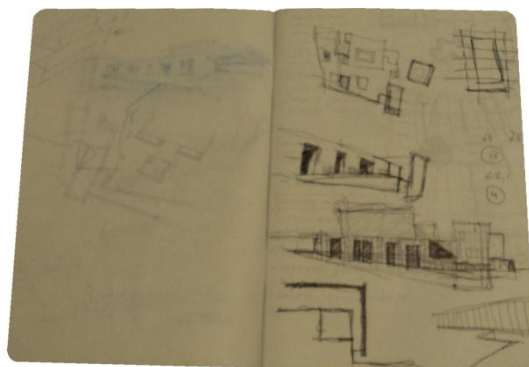
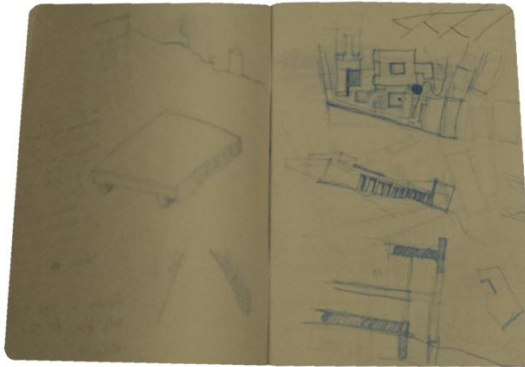
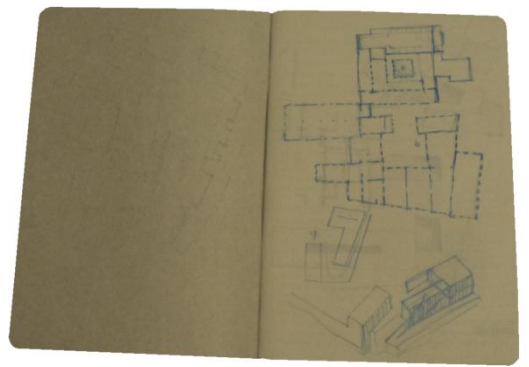
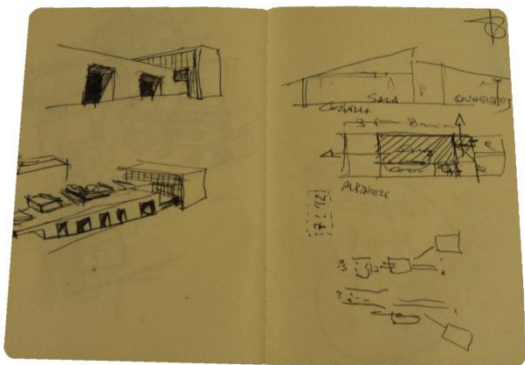
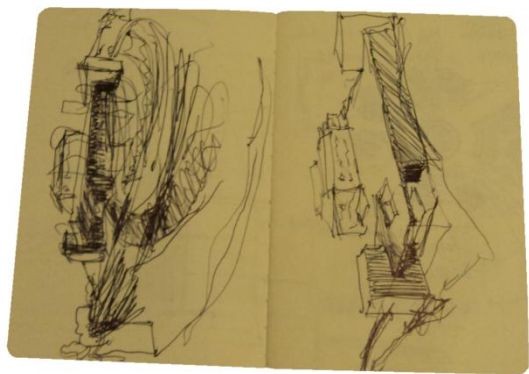
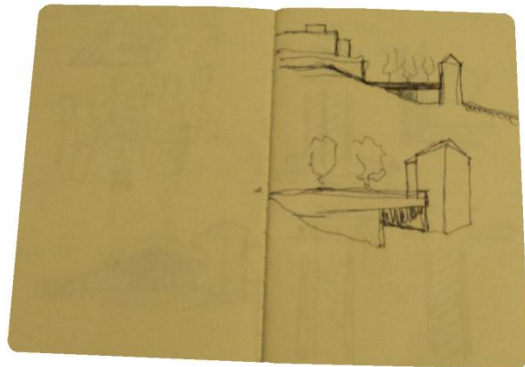
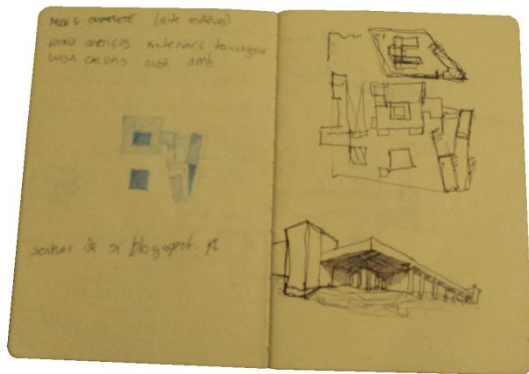
Processo de trabalho

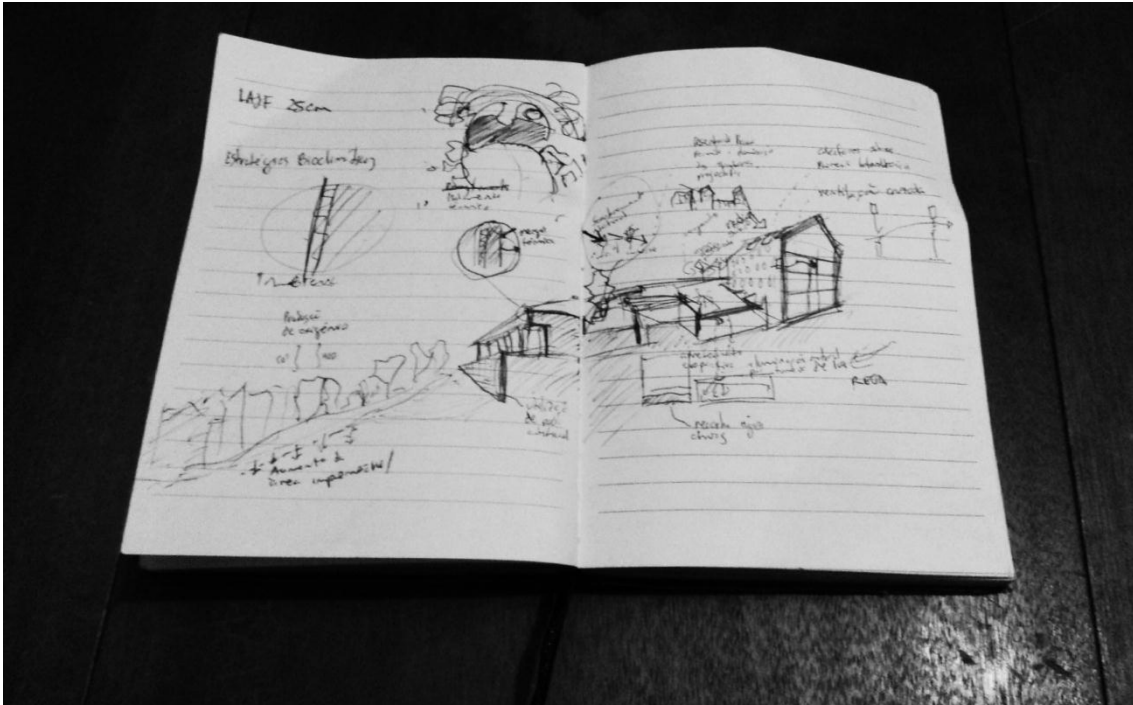
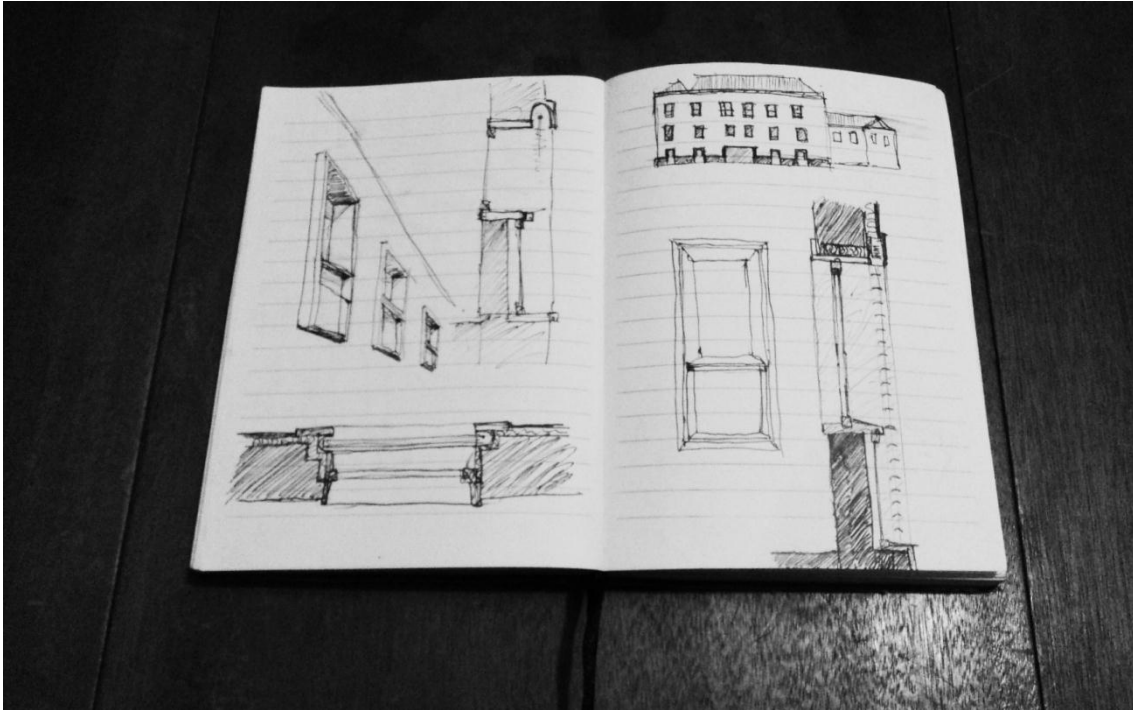
C.1 Esquiços



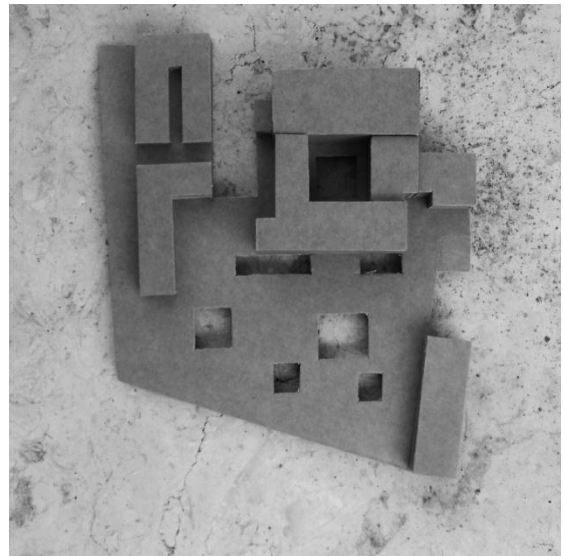
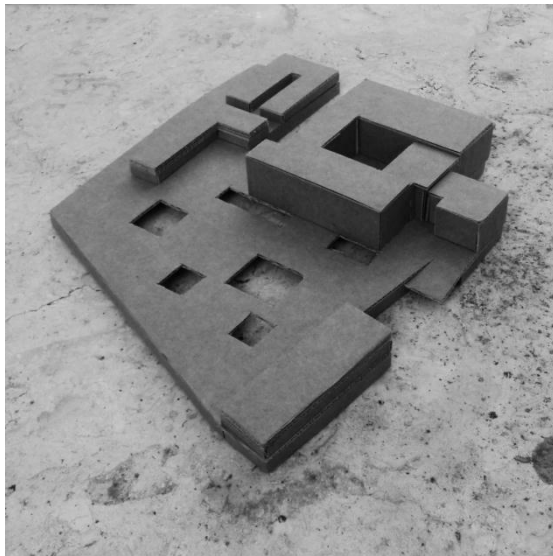
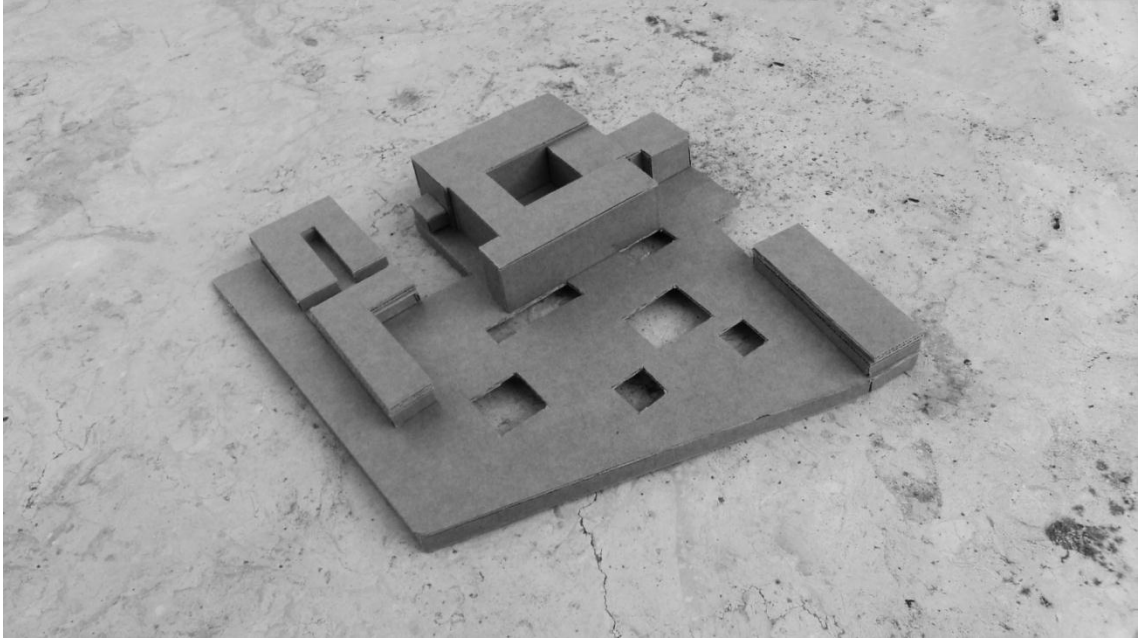


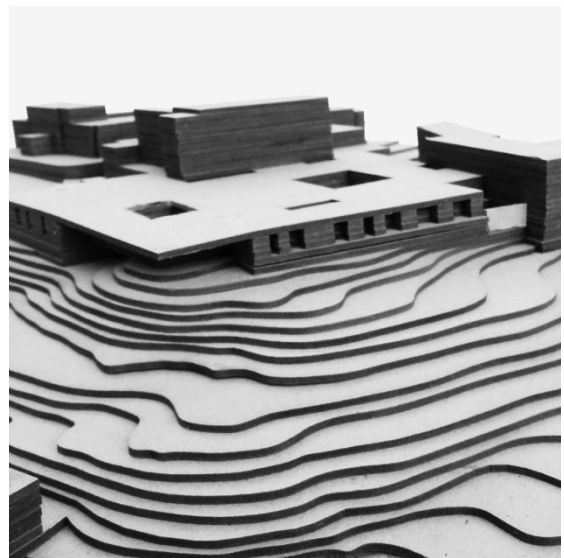
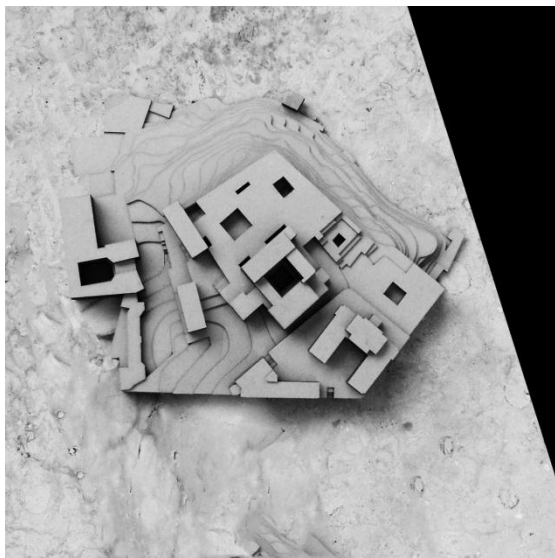
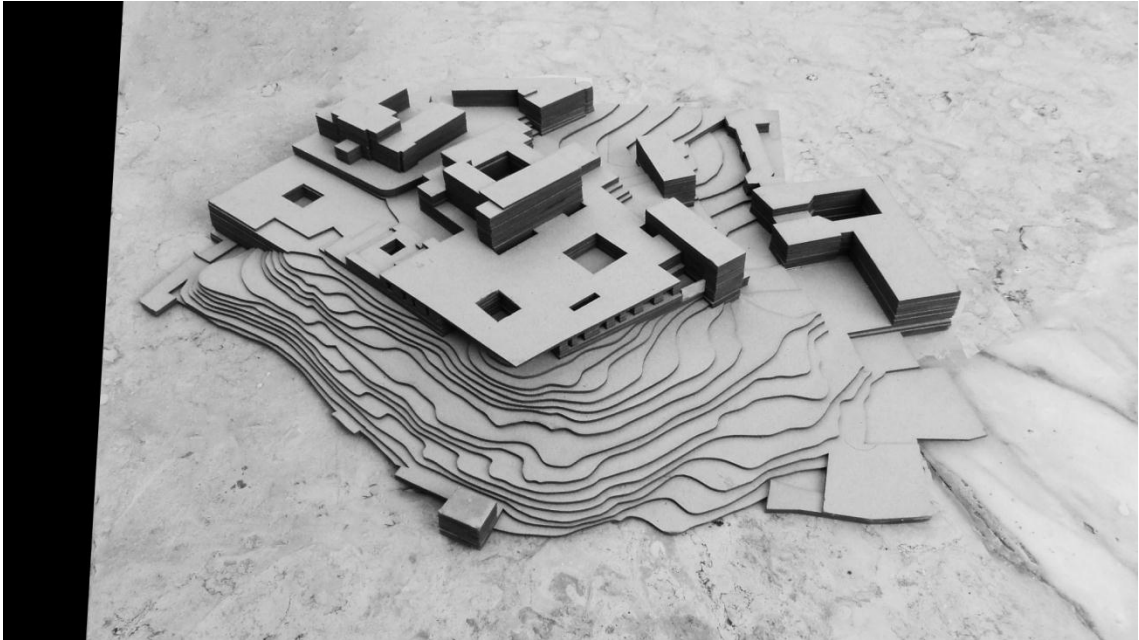


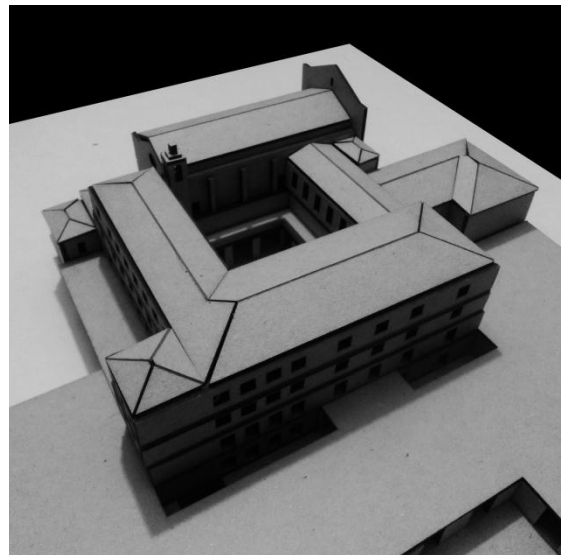
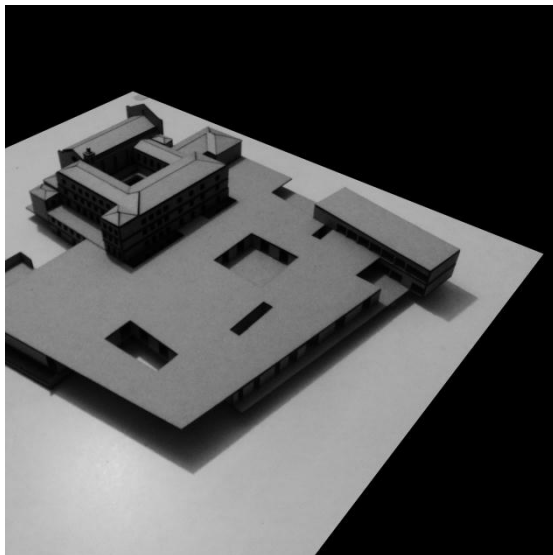
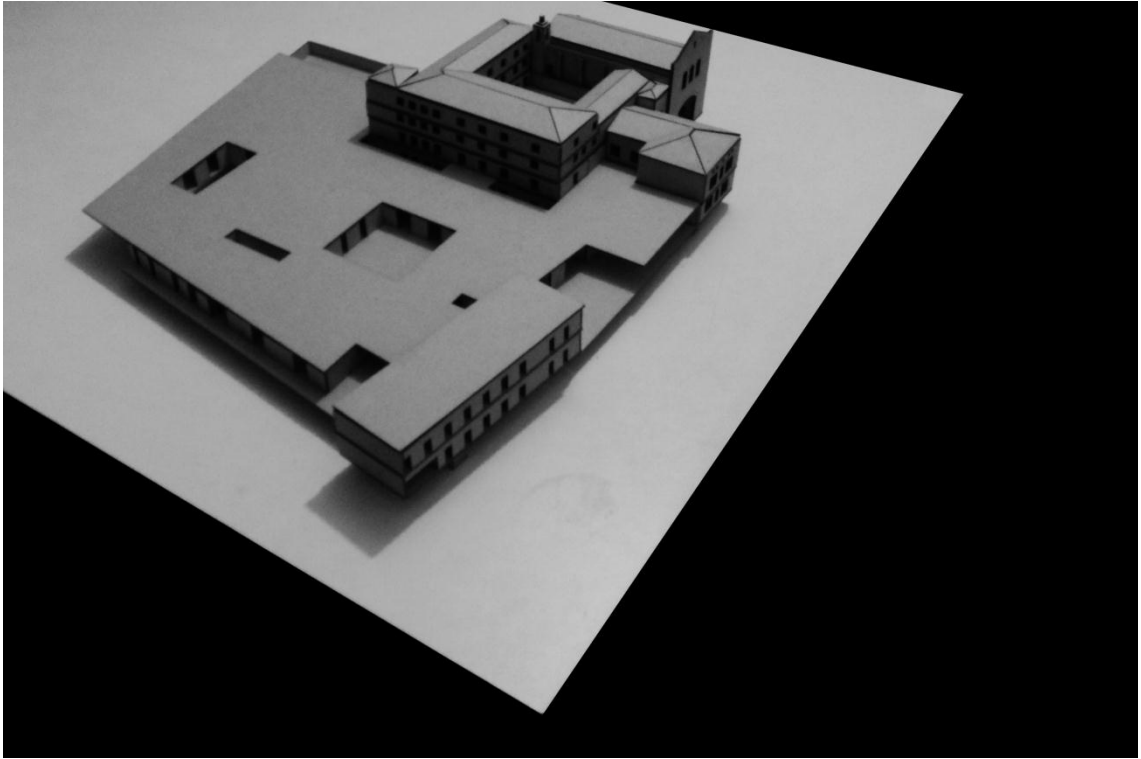


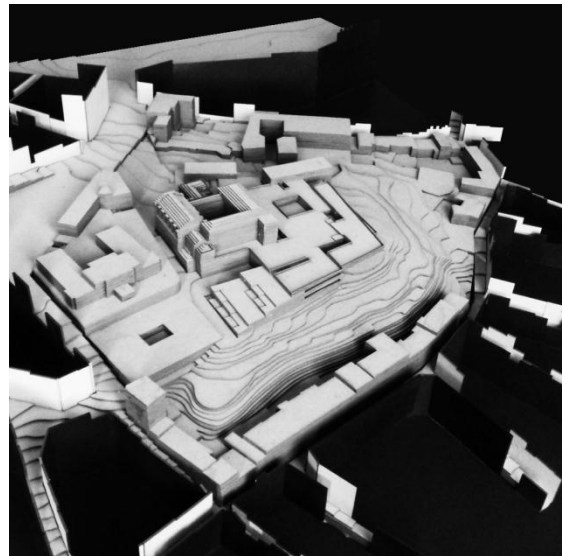
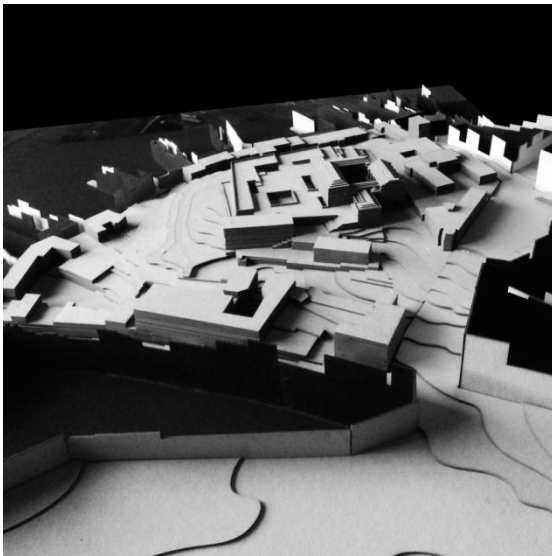


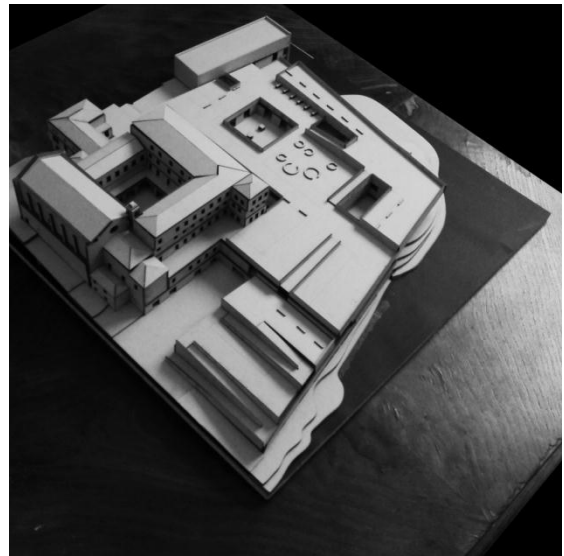
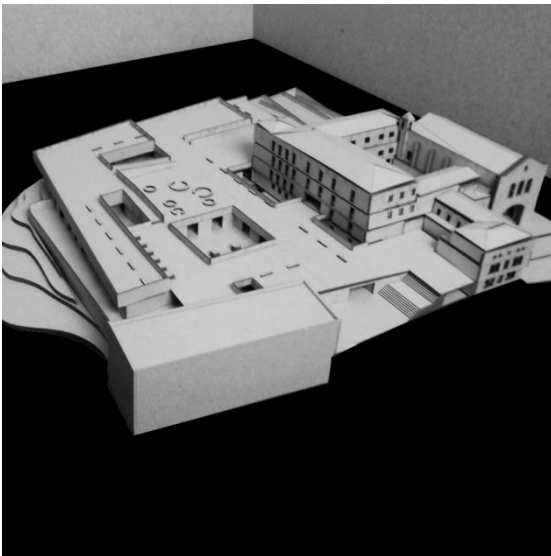
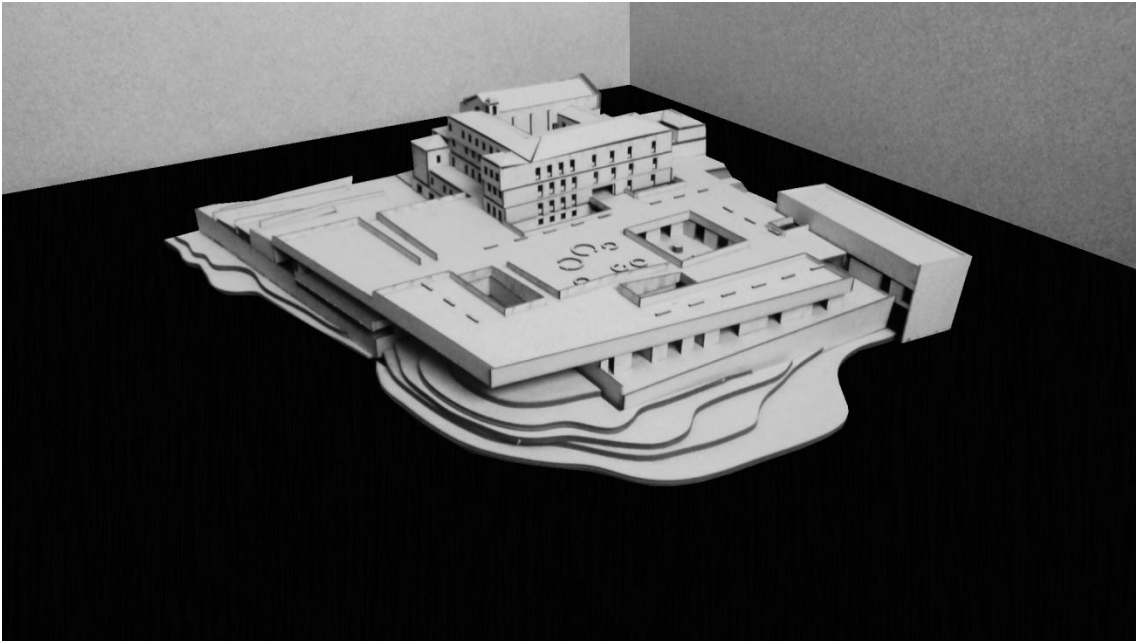
C.2 Maquetes











Anexo D

Peças desenhadas finais**D.1 Lista de peças desenhadas finais:****Painel 01**

Planta de localização	1:4000
Esquema dos Hospitais	1:6000

Painel 02

Planta de Implantação	1:500
Perfil da Colina de Sant'ana	1:1000

Painel 03

Planta do piso -3	1:500
Alçado Poente	1:500

Painel 04

Planta do Piso -1	1:500
Alçado Sul	1:500

Painel 05

Planta do piso térreo	1:200
Corte EF	1:200

Painel 06

Planta do piso 1	1:200
------------------	-------

Painel 07

Planta do piso 2	1:200
------------------	-------

Painel 08

Planta do piso 3	1:200
Corte AB	1:200

Painel 09

Corte construtivo	1:20
-------------------	------

Painel 10

Esq. estratégias bioclimáticas	n/a
Axo. Módulo envidraçado	n/a

Painel 11

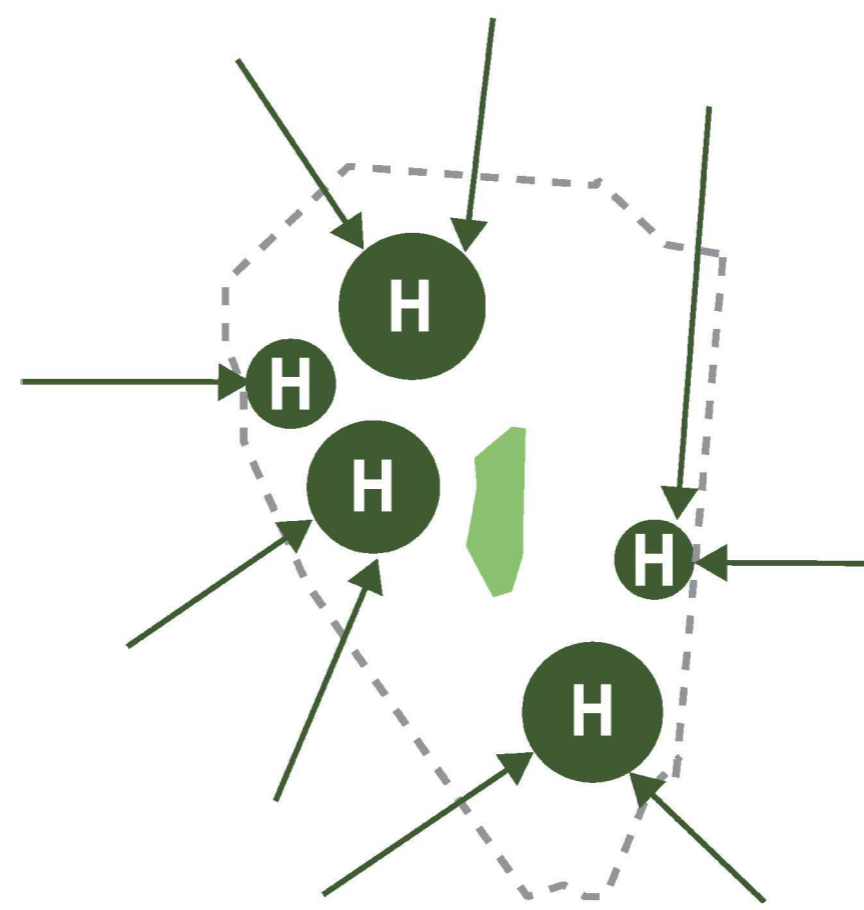
Ambiências / simulações	n/a
-------------------------	-----

Enquadramento

"Em 2011 foi aprovada, pelo Governo português, a construção do Hospital de Todos-os-Santos em Chelas, Lisboa. Com a sua edificação, cinco equipamentos hospitalares, localizados na Colina de Sant'Ana, nomeadamente, o Hospital de Santa Marta, o Hospital de São José, o Hospital do Desterro, o Hospital Miguel Bombarda e o Hospital Santo António dos Capuchos, serão para lá transferidos, resultando na desactivação e desafecção dos complexos existentes. Isto posto, o futuro da Colina fica comprometido, pois são os hospitais os principais responsáveis pelas deslocações diárias realizadas a esta parte da cidade, motivando os serviços e comércio locais. Acrescenta-se, ainda, o risco de negligência do património arquitectónico existente, onde se inserem estruturas conventuais, outras hospitalares, azulejaria, ou do espólio de medicina, único no panorama nacional, envolvendo mobiliário, utensílios, registos médicos, entre outros. Foi esta problemática que desencadeou a realização deste projecto".



Localização da Colina de Sant'Ana

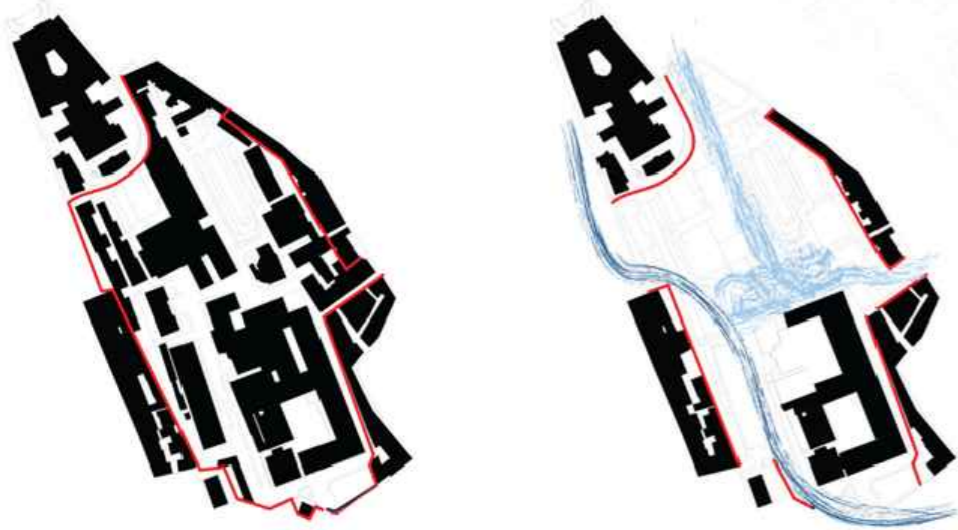


Hospitais como principais motivadores de migrações diárias à Colina de Sant'Ana

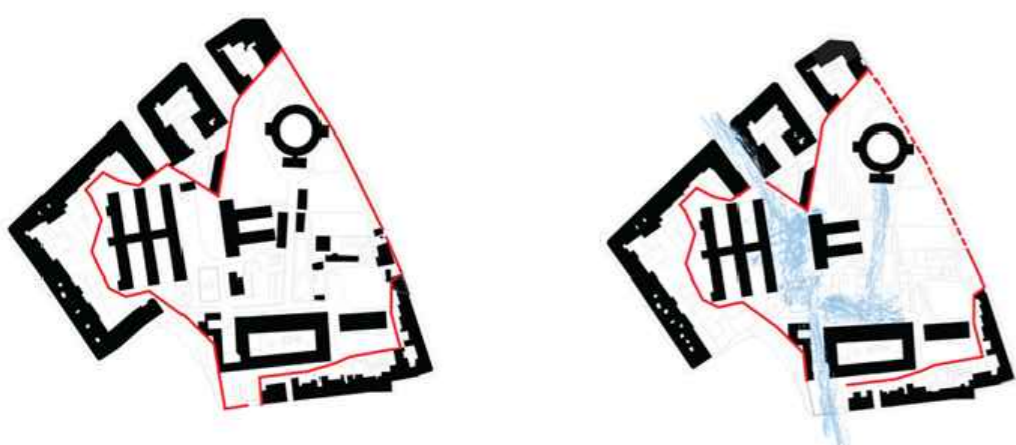
INTERVENÇÕES NOS EDIFÍCIOS	INTERVENÇÕES NOS ESPAÇOS PÚBLICOS	
COMÉRCIO	MAIOR ABERTURA DAS CERCAS	MAIOR FLUXO DE VISITAS À CERCA
CULTURA	HIERARQUIZAÇÃO DOS ESPAÇOS PÚBLICOS	PÚBLICO MAIS DIVERSIFICADO
SERVIÇOS	OFERTA MAIS DIVERSIFICADA	REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO HABITACIONAL

Esquema da estratégia para a intervenção nos hospitais da Colina de Sant'Ana

Excerto da dissertação: pp. 100



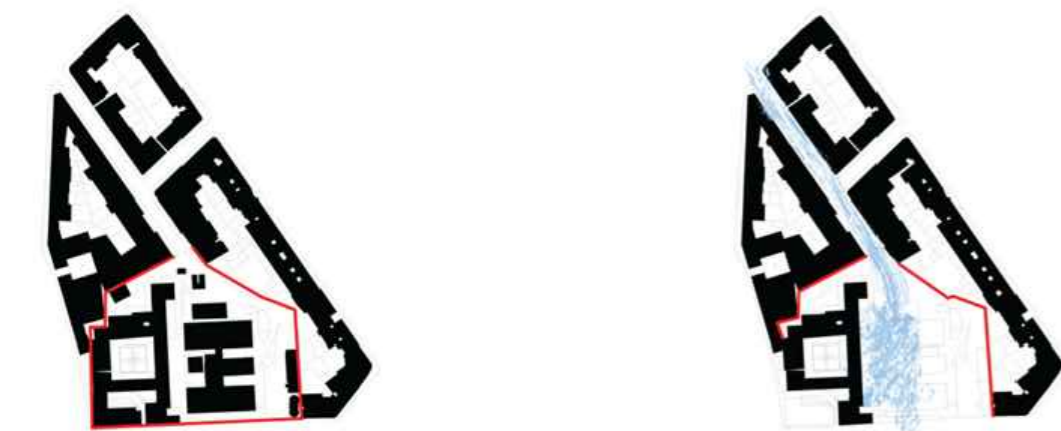
São José
 Fachada Sul da Colina na relação com Martim Moniz
 Permite a resolução da acessibilidade à colina
 Vertente pública (Learning Center)
 Equipamentos de saúde ligados à faculdade



Miguel Bombarda
 Maior encerramento
 Manutenção da relação da cerca com a cidade
 Vertente Cultural



Santo António dos Capuchos
 Miradouro/Jardim
 Posição Central e em relação com o Campo dos Mártires da Pátria
 Abertura à população em geral (comércio/ lazer)



Santa Marta
 Proximidade a Av. da Liberdade
 Caracterizar a envolvente próxima
 Serviços públicos e administrativos



Desterro
 Proximidade a Av. Almirante Reis
 Qualificar a envolvente
 Serviços públicos e administração- Incubadora de empresas

Esquemas dos Hospitais Escala 1:6000

Planta de Localização Escala 1:4000

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA NA CIDADE CONSOLIDADA

Escola Informal Santo António dos Capuchos



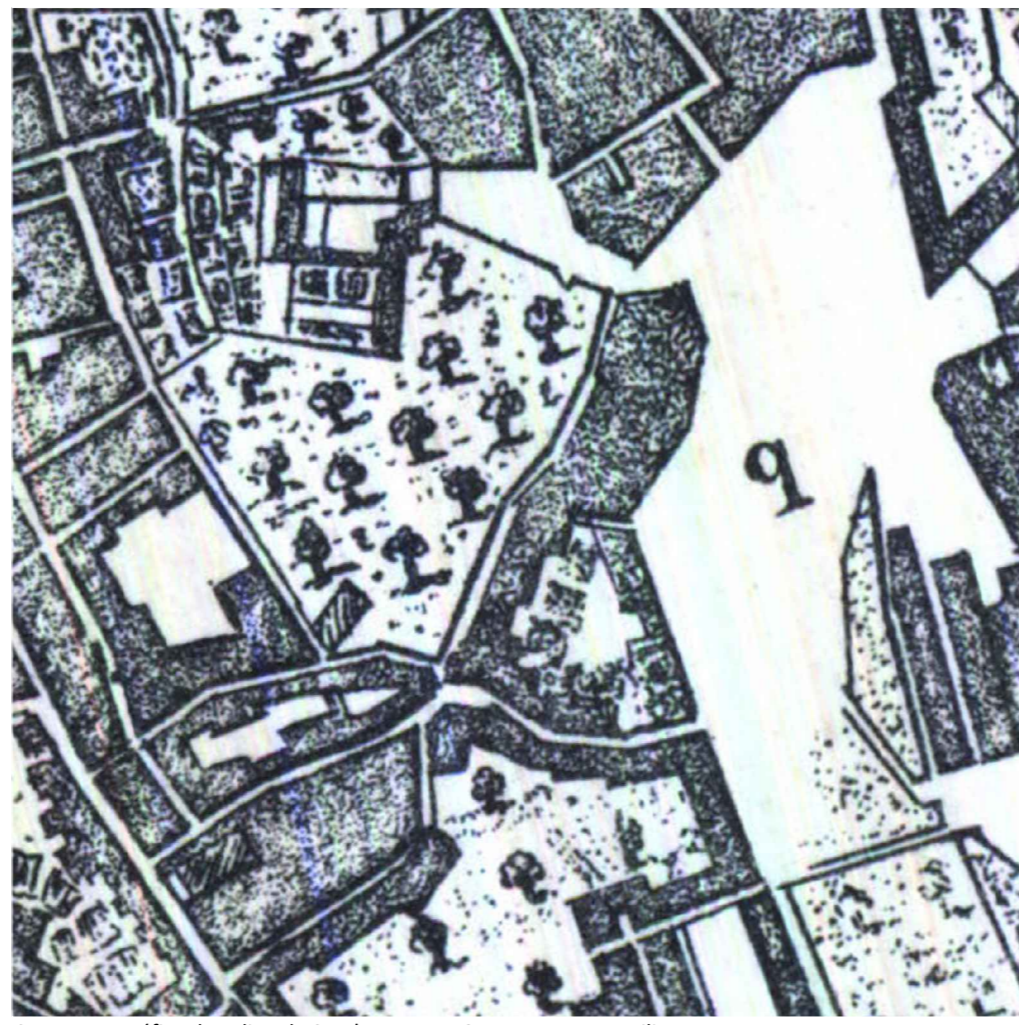
Santo António dos Capuchos

"Foi colocada, a 15 de Fevereiro de 1570, a primeira pedra para a fundação do Convento de Santo António dos Capuchos. Este caracterizava-se pela sua Igreja, de nave única, com seis capelas laterais e uma capela-mor; pelo seu claustro, com seis colunas e cinco arcos de pedra em cada lado; pela sala do capítulo, guarnecida de painéis de azulejos; pelos dormitórios, com celas de pequenas dimensões mas com uma "larga vista" para o exterior; pelas suas grossas paredes, caiadas de branco, e pela sua cerca, de dimensões consideráveis, repleta de hortas e árvores.

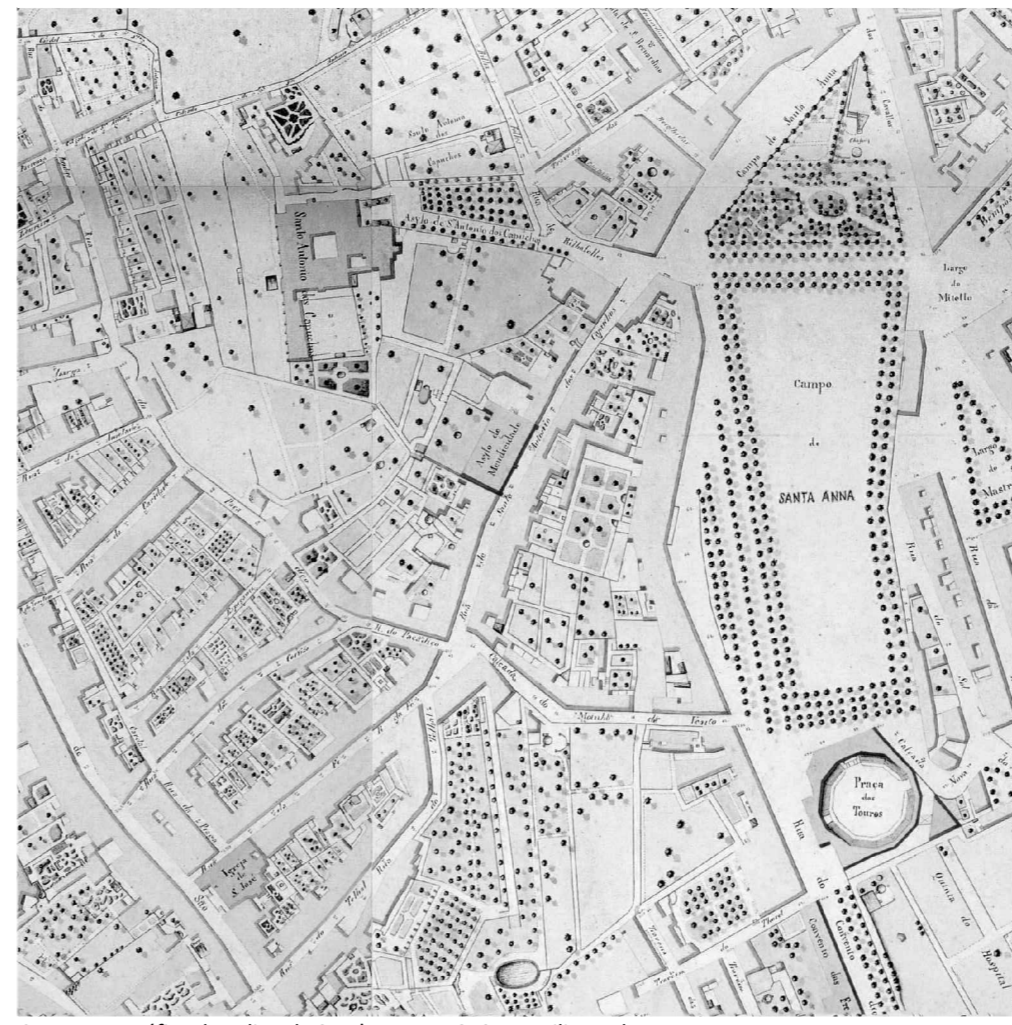
Os efeitos do terramoto de 1755 também se fizeram sentir no Convento, que foi parceladamente destruído e que, em apenas três anos, já se encontrava restaurado. Após dois anos de abandono, na sequência da expulsão das ordens religiosas de 1834, o Convento é transformado no Asilo da Mendicidade de D. Maria II. Com o crescente do número de mendigos, as instalações existentes rapidamente se tornaram exíguas.

"Novas obras alteraram a forma e conteúdo do convento, em conformidade com outras premências e objetivos estruturais". Em 1928 dá-se o encerramento do estabelecimento asilar. No mesmo ano, é criado o hospital Santo António dos Capuchos. Novos pavilhões e anexos foram, desde então, construídos. Tal crescimento, embora tenha sido realizado para dar resposta às necessidades da população, foi executado sem a sensibilidade merecida, negligenciando a estrutura do edificado existente. Exemplo desta negligência podem ser hoje verificados na ausência de uma estratégia para os espaços exteriores, ou nas variadas intervenções no convento que levaram à sua descaracterização".

Excerto da dissertação: pp. 102 a 104



Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1785, por Franc D. Millent



Carta cartográfica da colina de Sant'Ana em 1850, por Filipe Folque



Fotografia aérea digital da colina em 2012, pelo Google Maps



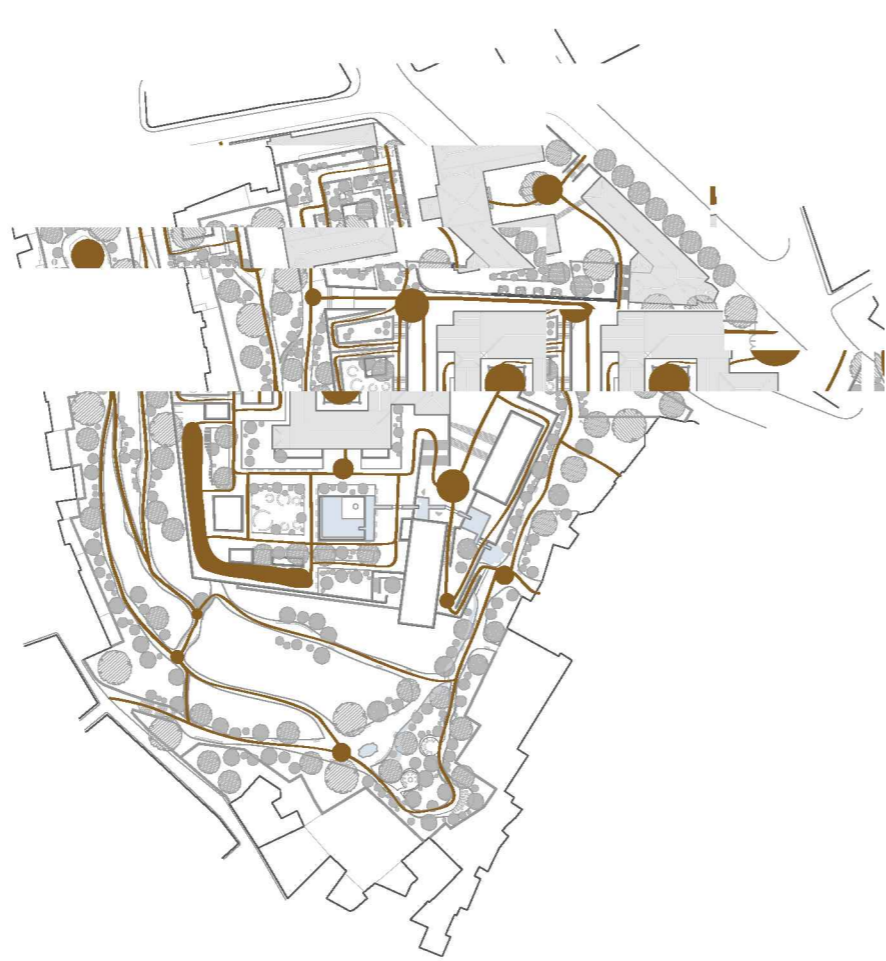
Planta de Implantação Escala 1:500



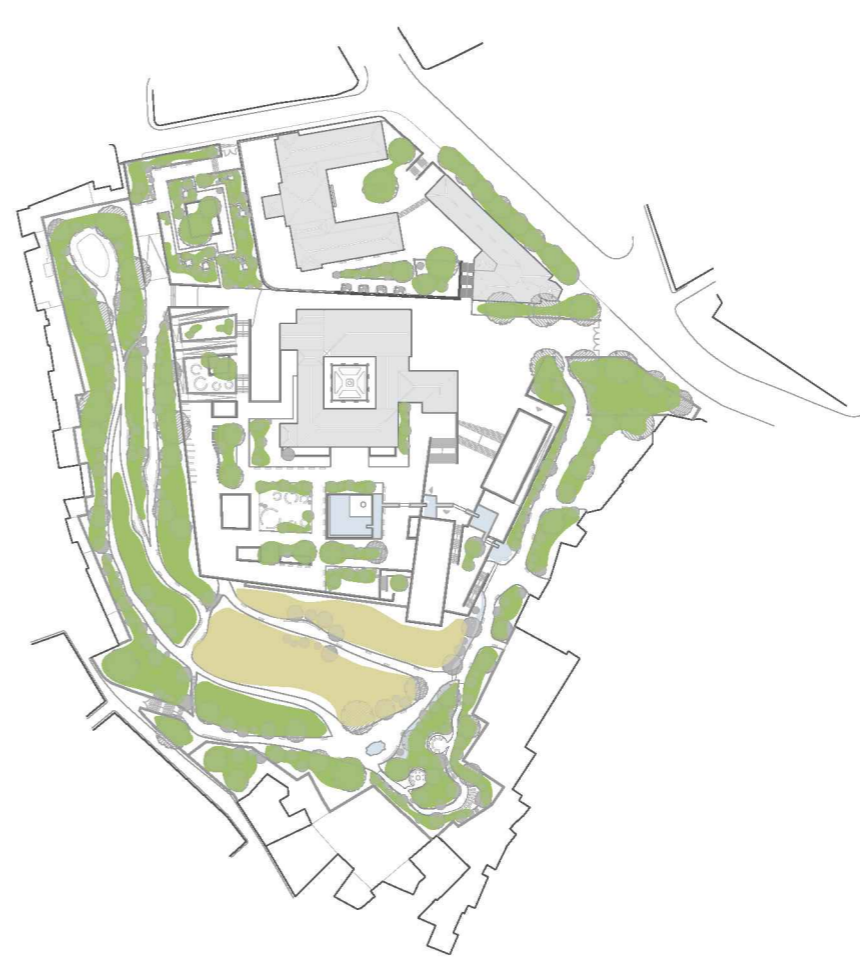
Perfil da Colina de Sant'Ana Escala 1:1000



Abertura da cerca à cidade



Hierarquização dos espaços públicos



O Jardim como elemento de transição entre o interior da cerca e a cidade



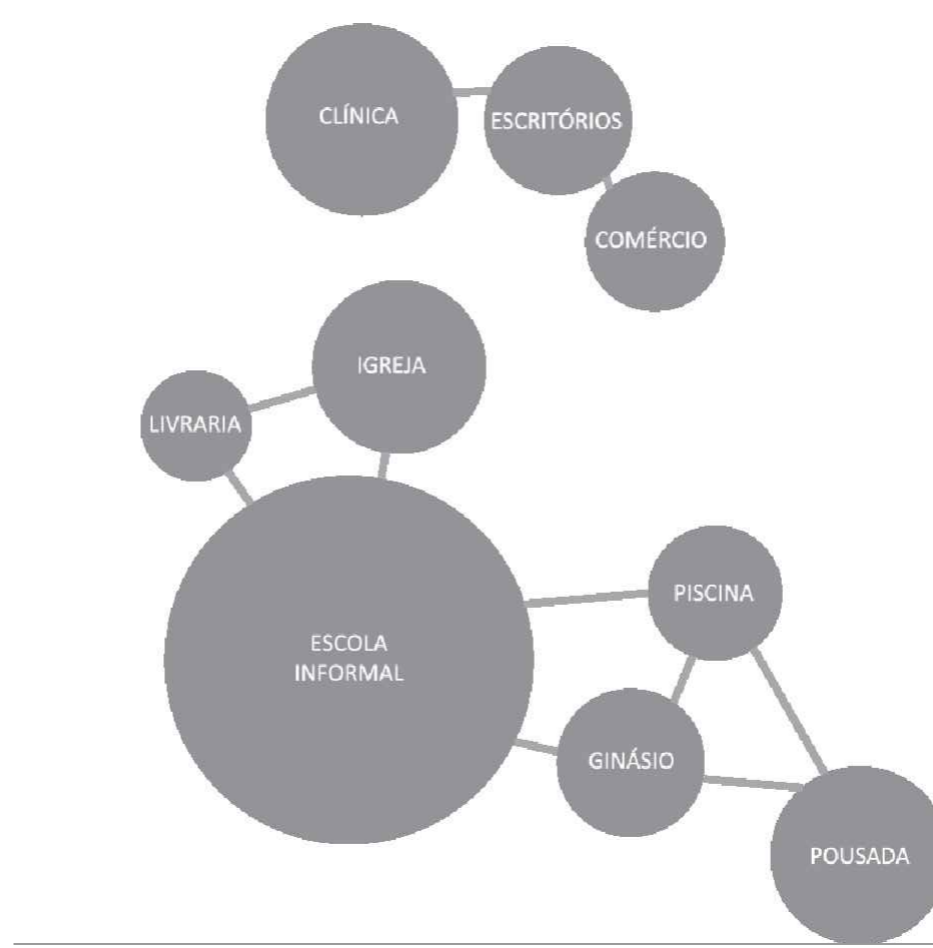
Cargas e descargas



Planta do Piso-3 Escala 1:500



Alçado Poente Escala 1:500



Esquema de intervenções e demolições

Acrópole Grega como conceito geral do projecto

Organograma do programa do complexo

Organograma do programa da Escola Informal



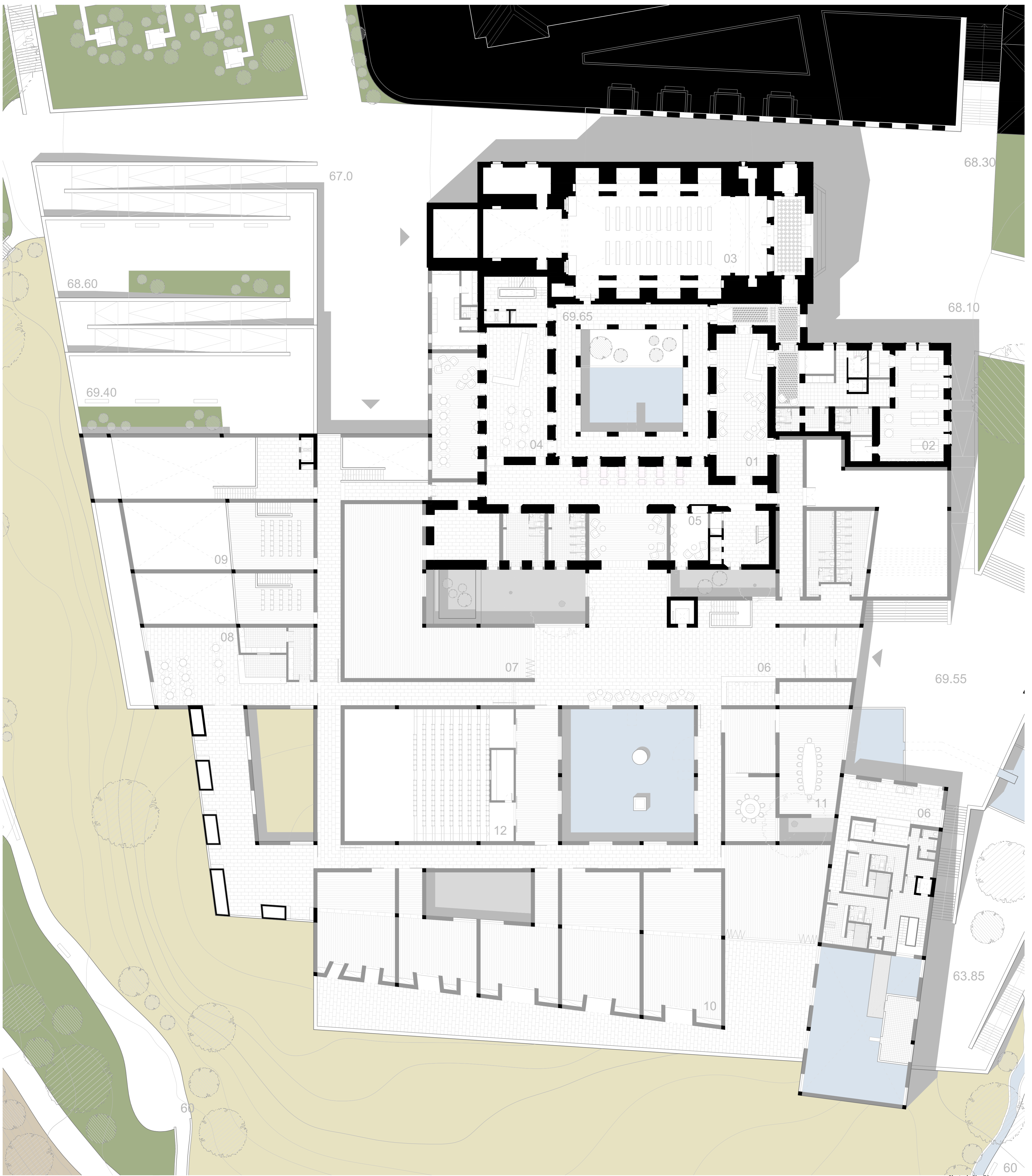
Planta do Piso -1 Escala 1:500

Legenda

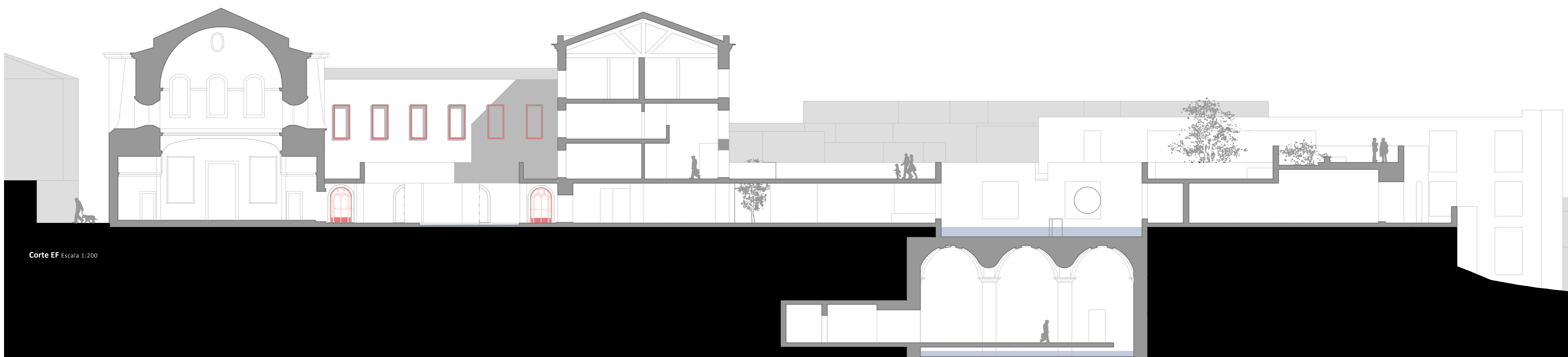
- Pavimento de estacionamento: 01
- Cobertura: 02
- Sala de exposições: 03
- Café de descafé: 04
- Sala de aulas práticas com recreio: 05
- Sala de aulas práticas: 06
- Auditorio: 07
- Átrio: 08
- Piscina: 09



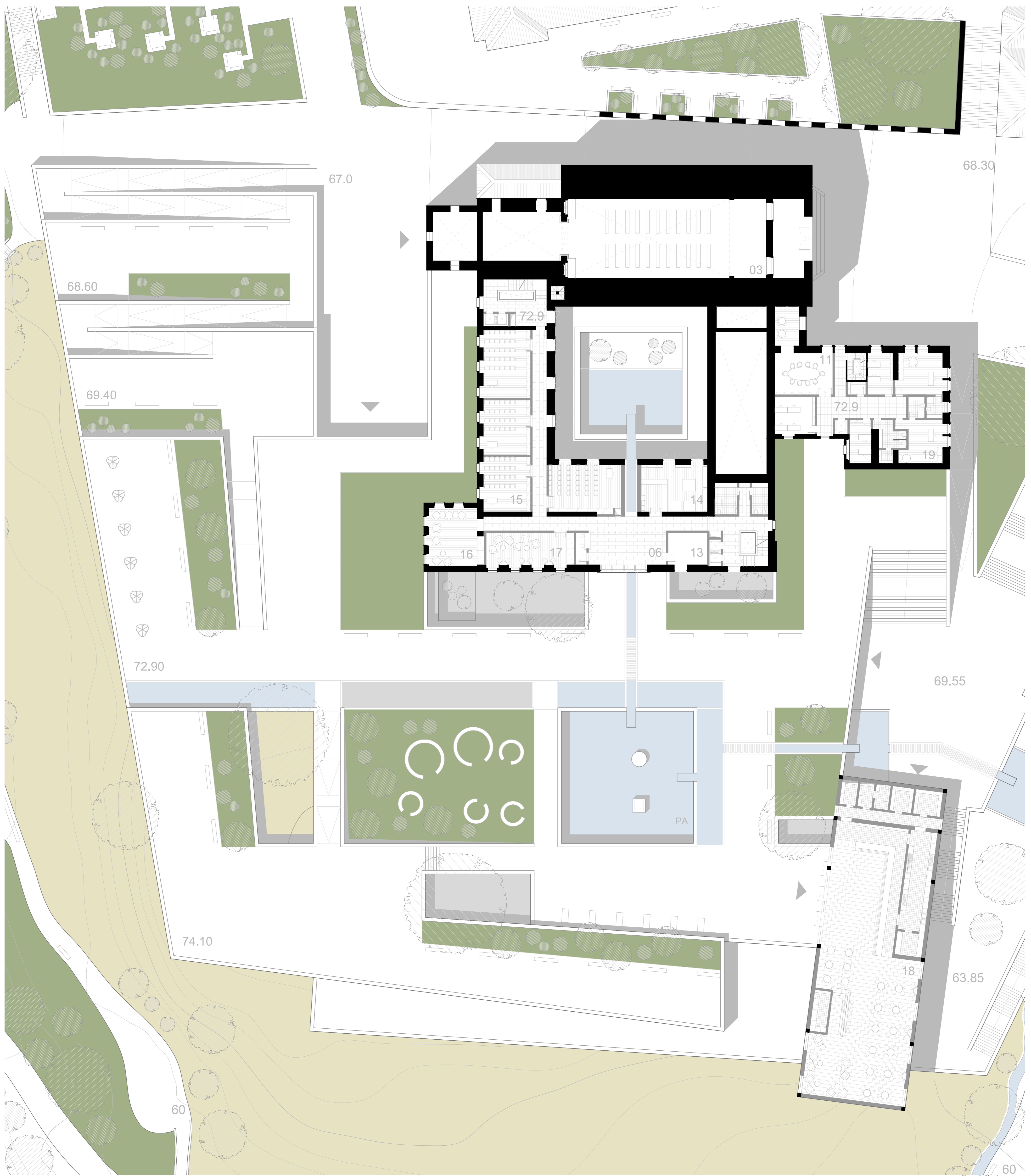
Alçado Sul Escala 1:500



Planta do Piso Térreo Escala 1:200

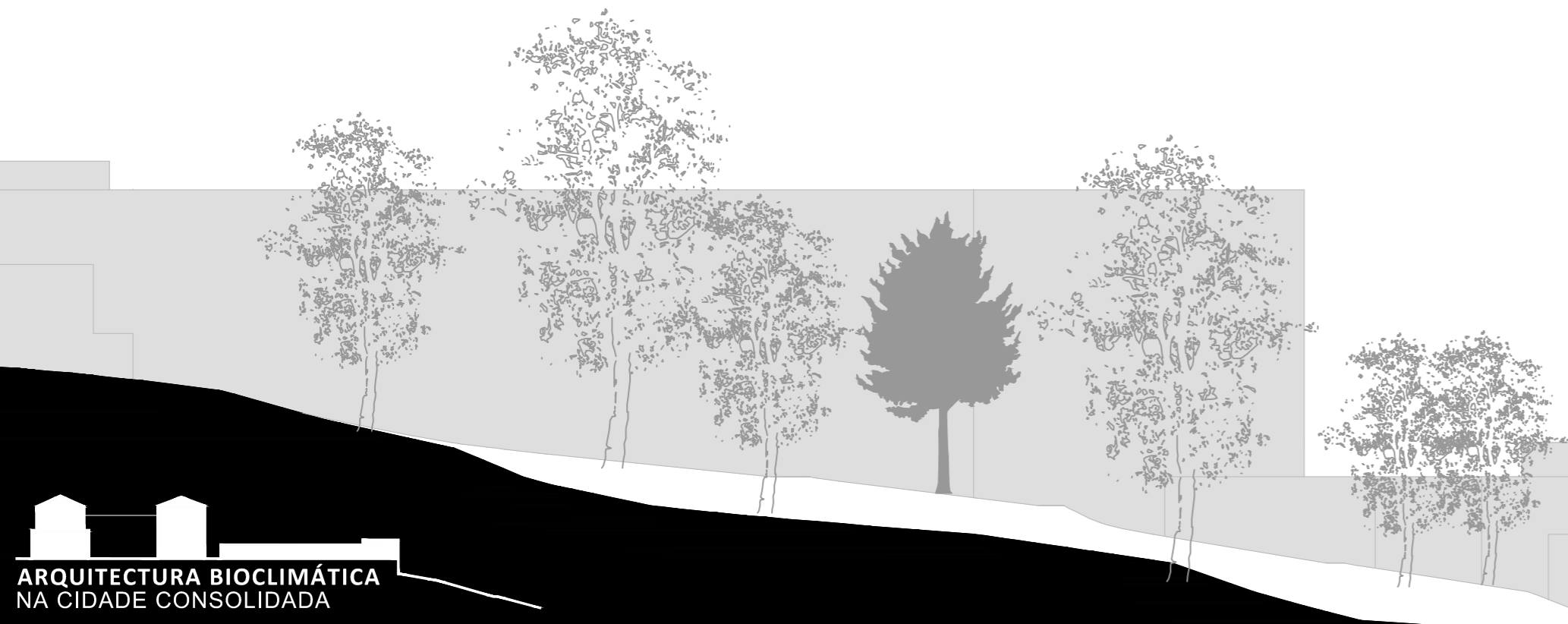


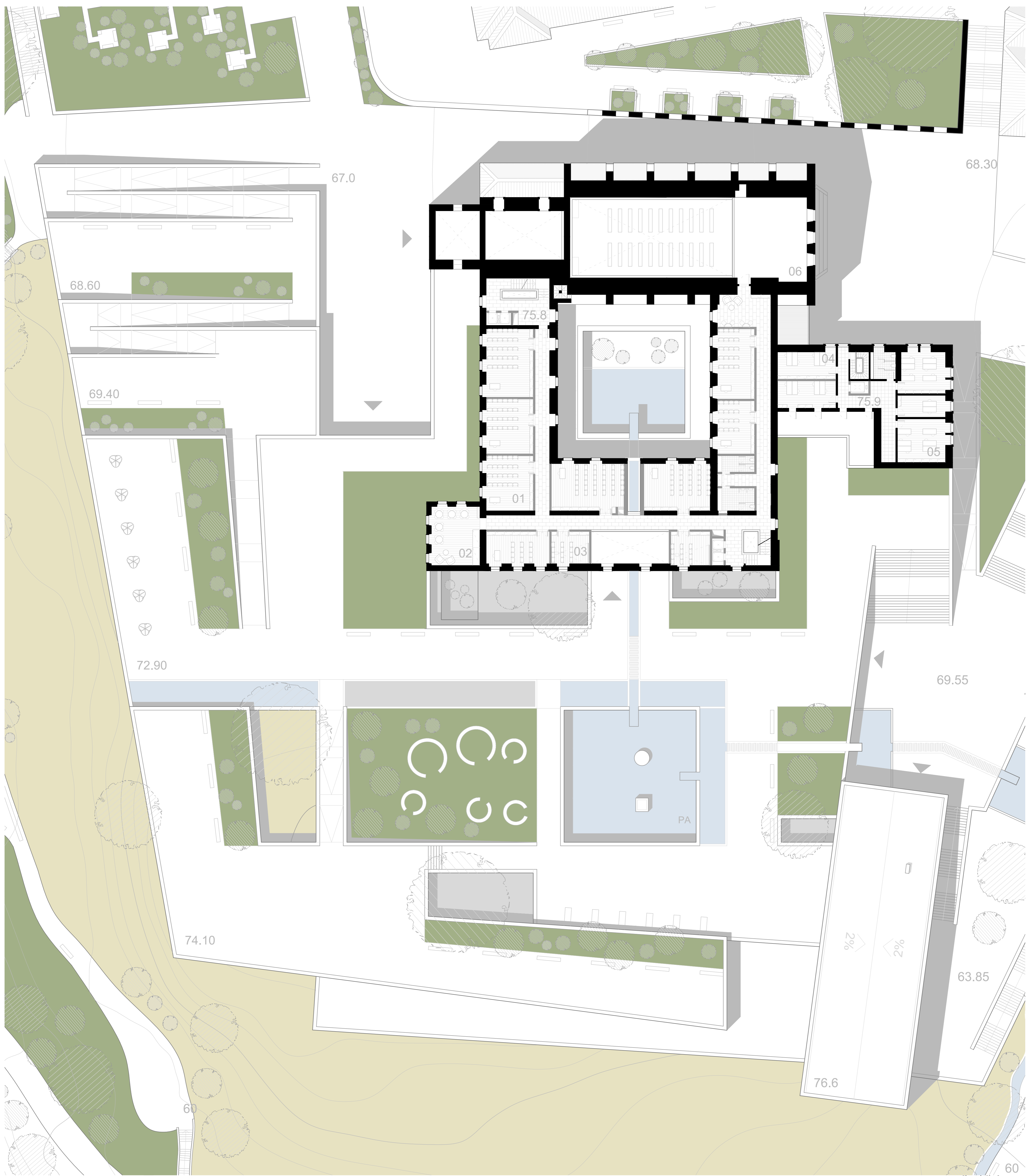
Corte EF Escala 1:200



Planta do Piso 1 Escala 1:200

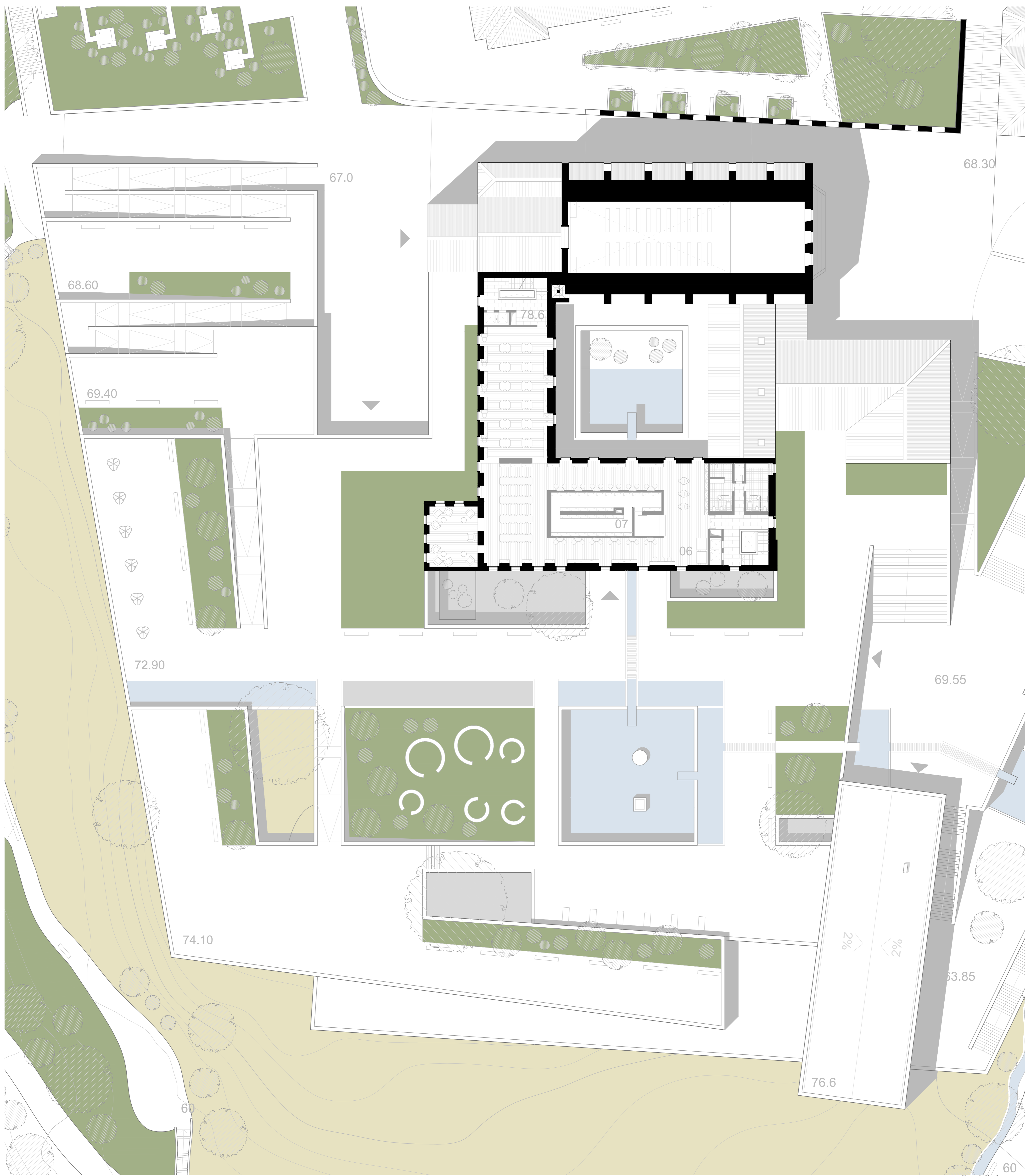
- Legenda
- 01 - Área de Recepção
 - 02 - Receção
 - 03 - Sala
 - 04 - Sala de Reunião
 - 05 - Sala de Trabalho
 - 06 - Sala de Trabalho
 - 07 - Sala de Trabalho
 - 08 - Sala de Trabalho
 - 09 - Sala de Trabalho
 - 10 - Sala de Trabalho
 - 11 - Sala de Trabalho
 - 12 - Sala de Trabalho
 - 13 - Sala de Trabalho
 - 14 - Sala de Trabalho
 - 15 - Sala de Trabalho
 - 16 - Sala de Trabalho
 - 17 - Sala de Trabalho
 - 18 - Sala de Trabalho
 - 19 - Sala de Trabalho





Planta do Piso 2 Escala 1:200





Planta do Piso 3 Escala 1:200

Legenda

- Sinal de nível horizontal 01
- Sinal de nível vertical 02
- Sinal de projeção de nível vertical 03
- Sinal de projeção de nível horizontal 04
- Sinal de nível 05
- Sinal de nível 06
- Sinal de nível 07



Corte EF Escala 1:200

ESCALA ARQUITECTÓNICO
 Trabalho Final de Mestrado
 Professor Hugo Faria e Arquitecto Luis Caldeiro

Pedro Mateus Ferreira #6857
 Faculdade de Arquitectura - UTL 2012-13

P08



LEGENDA DOS PORMENORES

Cobertura 1

- Revestimento cerâmico em telha marselha
- Ripas de madeira
- Painel sandwich constituído por placas de OSB e isolamento térmico de aglomerado negro de cortiça de 60 mm
- Duplo painel em gesso cartonado hidrófugo
- Telo de impermeabilização
- Vãos em pinho com acabamento a verniz aquoso acetinado
- Madeiras em pinho com acabamento a verniz aquoso acetinado

Parede exterior 1

- Revestimento em reboco liso pintado de branco de 25 mm
- Placas de isolamento térmico em aglomerado negro de cortiça de 80 mm
- Alvenaria mista
- Lintel em Betão armado
- Revestimento em reboco liso pintado de branco de 20 mm

Parede exterior 2

- Sistema de sobremento móvel em estore de lamelas
- Envidraçamento de vidro duplo cp, caixilharia de madeira lamelada pintada de vermelha
- Caixa-de-ar de 100 mm
- Parede acumuladora em betão 230 mm
- Revestimento em reboco liso pintado de branco de 20 mm

Parede interior 1

- Placas de OBS pintadas de preto 20 mm
- Barretes de madeira
- Placas de OBS ao natural 20 mm

Pavimento exterior 1

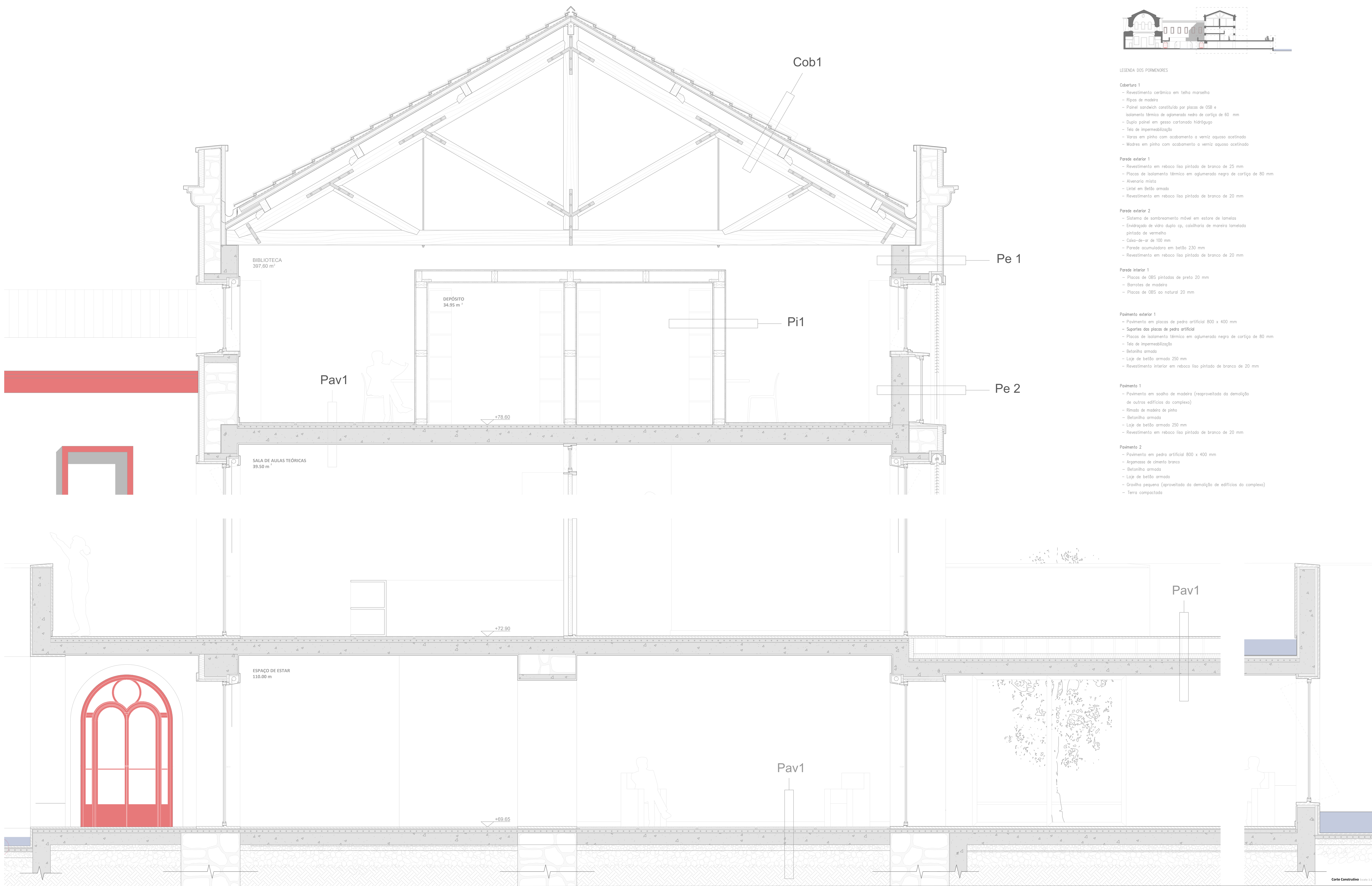
- Pavimento em placas de pedra artificial 800 x 400 mm
- Suportes das placas de pedra artificial
- Placas de isolamento térmico em aglomerado negro de cortiça de 80 mm
- Telo de impermeabilização
- Betão armado
- Laje de betão armado 250 mm
- Revestimento interior em reboco liso pintado de branco de 20 mm

Pavimento 1

- Pavimento em soalho de madeira (reaproveitada da demolição de outros edifícios do complexo)
- Rimado de madeira de pinho
- Betão armado
- Laje de betão armado 250 mm
- Revestimento em reboco liso pintado de branco de 20 mm

Pavimento 2

- Pavimento em pedra artificial 800 x 400 mm
- Argamassa de cimento branco
- Betão armado
- Laje de betão armado
- Gravelha pequena (aproveitada da demolição de edifícios do complexo)
- Terra compactada



Pav1

Pav1

Corte Construtivo escala 1:20

