



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

**Homeostase na Arquitectura**  
**Adaptação às mudanças causadas pelas alterações**  
**climáticas**

**Leida Cristina Baptista Gomes Furtado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Arquitectura**

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

Covilhã, Outubro de 2010



*À minha Família*

---

## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com a prestimosa colaboração de um grupo de pessoas que, de forma directa ou indirecta, ajudaram a levar a bom termo a sua concretização. A essas pessoas a autora não pode deixar de apresentar o seu sincero agradecimento e gratidão:

- Ao Prof. Doutor João Lanzinha, orientador científico desta dissertação, pelo apoio incondicional, pelas sugestões, pelas críticas, assim como pelo seu empenho na revisão do texto e pela total disponibilidade sempre demonstrada;
- Ao Arq. Jorge Jular, co-orientador científico desta dissertação, pelas sugestões, ajuda técnica e pela disponibilidade.
- À minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio, interesse e compreensão demonstrado neste período de trabalho.

---

## RESUMO

Homeostase é o termo de origem Grega em que *hómoios* = semelhante, *stasis* = situação. É utilizado para descrever a habilidade que um organismo possui para regular o seu ambiente interno, mantendo um ambiente estável, quando é sujeito a alterações externas. Essa capacidade que os organismos vivos possuem, é constituída por um conjunto de processos activos que dão origem ao que se chama de “equilíbrio dinâmico”.

Sendo que a Homeostase, na sua essência, trata-se de acção e reacção, uma arquitectura “homeostática” requer portanto o entendimento das condições climáticas tais como, a temperatura, a exposição solar, qualidade do ar, chuva entre outros. Portanto a homeostase no mundo arquitectónico, requer uma arquitectura que seja capaz de produzir o chamado “equilíbrio dinâmico”, pois o ambiente em que nós vivemos está em constante mudança.

Quando se fala em alterações climáticas ou mudanças Climáticas está-se a referir às médias de precipitação, temperatura, humidade, insolação, neblina, granizo, geada, velocidades do vento, tempestades entre outros fenómenos climáticos que ocorrem durante um longo período e num determinado lugar.

Como seria uma arquitectura, que conseguisse regular o seu ambiente interno devido a essas variações que constantemente ocorrem no exterior? Quais seriam as vantagens de uma arquitectura deste nível? Esta Dissertação tem como ponto fulcral explorar este tipo de arquitectura, que seja capaz de adaptar e responder às várias mudanças que possam ocorrer na sua envolvente, ajustando o seu ambiente interno.

## Palavras-chave

Adaptabilidade, Alterações Climáticas, Equilíbrio, Flexibilidade, Mudança.

---

## ABSTRACT

Homeostasis it's a word from Greek where *homeo* = similar or equal, *stasis* = static. It's used to describe the ability that an organism has to auto-regulate their internal environment, maintaining a stable surrounding, when they are subjected to external changes. This capacity that the living organisms have is composed by a whole of active process which originated what it's called "dynamic equilibrium".

Since the Homeostasis in its essence, it's about action and reaction, an "homeostatic" architecture needs a deep understanding of the environment conditions, such as, temperature, sunlight, air quality, precipitation among others. Therefore the homeostasis in the architecture realm, require an architecture that is able to produce what it's called the "dynamic equilibrium".

The environment in which we live it's always changing. When it comes to climate change it is referring to the averages of precipitation, temperature, humidity, sunshine, fog, hail, wind speeds, storms and other weather phenomena that occur over a long period and a particular place.

How would be an architecture that could regulate their internal environment due to the changes that constantly occur abroad? What are the advantages of architecture of this level? This thesis has as the key point, explore this type of architecture, which is able to adapt and respond to various changes that might occur in their surroundings adjusting its internal conditions.

## Keywords

Adaptability, Climate Change, Equilibrium, Flexibility, Change.

---

# ÍNDICE GERAL

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA .....	3
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	4

## CAPÍTULO II - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS

2. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS .....	7
2.1 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	7
2.1.1 O Ciclo do Carbono .....	8
2.1.2 O Efeito de Estufa.....	10
2.1.2.1 Protocolo de Quioto .....	11
2.1.3 Aquecimento Global .....	13
2.1.4 Aumento do nível do mar e o degelo .....	13
2.1.5 Impactos .....	15
2.2 A ARQUITECTURA E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	17
2.2.1 O sector da construção como uma das principais causas das alterações climáticas .	17
2.2.1.1 Consumo de energia nos edifícios .....	18
2.2.2 O impacto das alterações climáticas nos edifícios e a necessidade de adaptação...	19
2.2.2.1 Sobreaquecimento .....	20
2.2.2.2 Inundações.....	21
2.2.2.3 Tempestades .....	21
2.3 PORTUGAL E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	21
2.3.1 Estratégia de Portugal .....	22
2.3.1.1 Programa Nacional para as Alterações Climáticas .....	22
2.3.1.2 Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão.....	24
2.3.1.3 Fundo Português do Carbono.....	24
2.3.2 Estratégia Nacional para a Energia .....	25
2.3.2.1 Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética .....	26
2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO .....	29
2.4.1 U. S. Green Building Council .....	29
2.4.2 Architecture 2030 .....	30
2.5 CONCLUSÃO .....	30

## CAPÍTULO III -HOMEOSTASE

3. HOMEOSTASE .....	35
---------------------	----

3.1	ORIGEM E DEFINIÇÃO .....	35
3.1.1	Meio interno e Meio Externo .....	36
3.1.2	Sistemas de Controlo homeostático e seus componentes .....	37
3.1.2.1	Feedback negativo .....	37
3.1.2.2	Feedback Positivo .....	39
3.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SISTEMAS DE CONTROLO .....	39
3.3	ALGUNS ASPECTOS DA HOMEOSTASE .....	39
3.3.1	Sistema Nervoso Autónomo - O papel do Hipotálamo .....	39
3.3.2	Regulação da Temperatura .....	40
3.3.3	Equilíbrio Energético .....	41
3.3.4	Concentração do Oxigénio e do Dióxido de Carbono .....	42
3.3.5	Difusão de Líquidos .....	42
3.4	CONCLUSÃO .....	43

#### CAPÍTULO IV - CONCEITO DA HOMEOSTASE NA ARQUITECTURA

4.	CONCEITO DA HOMEOSTASE NA ARQUITECTURA .....	47
4.1	EQUILÍBRIO DINÂMICO .....	47
4.2	SISTEMAS ABERTOS.....	47
4.2.1	Máquina.....	48
4.2.2	Máquinas Homeostáticas.....	48
4.3	O CONCEITO DE MÁQUINA NA ARQUITECTURA .....	49
4.3.1	Máquina Homeostática de Habitar .....	49
4.4	EDIFÍCIO HOMEOSTÁTICO .....	49
4.4.1	Regulação do meio interno.....	50
4.4.2	Sistema de Controlo Homeostático .....	50
4.5	ANALOGIA: CORPO HUMANO - EDIFÍCIO .....	51
4.5.1	Sistema de Controlo Homeostático .....	51
4.5.2	Temperatura.....	52
4.5.3	Energia .....	52
4.5.4	Ventilação.....	53
4.5.5	Água .....	53
4.6	TECNOLOGIA .....	54
4.6.1	Tecnologias relevantes.....	54
4.6.1.1	“Leaf Veins” - Nervuras.....	54
4.6.1.2	Aerogel .....	54
4.6.1.3	Nanotecnologia aplicada aos painéis Fotovoltaicos .....	55
4.6.1.4	Materiais de Mudança de Fase.....	56
4.7	CONCLUSÃO .....	57

#### CAPÍTULO V - ANÁLISE DE ALGUMAS SOLUÇÕES

5.	ANÁLISE DE ALGUMAS SOLUÇÕES .....	61
5.1	“PASSIVE HOUSE” - SCHIESTLHAUS.....	61
5.1.1	Localização.....	61
5.1.2	Técnica Construtiva .....	61
5.1.2.1	Sistema de Energia .....	61
5.1.2.2	Sistema de Aquecimento e Ventilação .....	62
5.1.2.3	Aquecimento da Água.....	63
5.1.2.4	Energia Eléctrica .....	64
5.1.2.5	Aproveitamento da Água das chuvas.....	64
5.2	WATERSTUDIO - VIVENDA AALSMEER.....	65
5.2.1	Localização.....	65
5.2.2	Técnica Construtiva .....	66
5.3	CASA ESPECIAL Nº 9.....	67
5.3.1	Localização.....	67
5.3.2	Técnica Construtiva .....	69
5.3.2.1	Sistema de Energia .....	69
5.3.2.2	Sistema de Água e Ventilação.....	69
5.4	PROTÓTIPO - SPA BIG BEND, CALIFÓRNIA.....	70
5.4.1	Parede Permeável .....	71
5.4.2	Aberturas Deflectoras .....	72
5.4.3	Conjunto de tubos estáticos/ Parede de garrafas recicladas .....	72
5.4.4	Travesseiro de água insuflável/ “Organismo Glorioso” .....	73
5.5	CONCLUSÃO .....	74

#### CAPÍTULO VI - APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA - PROTÓTIPO

6.	APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA - PROTÓTIPO .....	79
6.1	CONCEITO .....	79
6.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS NO PROTÓTIPO .....	81
6.2.1	Sistema de controlo homeostático.....	81
6.2.2	Temperatura .....	81
6.2.2.1	Radiação .....	82
6.2.2.2	Convecção/Condução.....	82
6.2.2.3	Evaporação .....	83
6.2.3	Energia .....	84
6.2.4	Ventilação.....	85
6.2.5	Água .....	86
6.3	METABOLISMO DO PROTÓTIPO .....	87
6.3.1	Inverno - Dia / Inverno - Noite .....	87
6.3.2	Verão - Dia / Verão - Noite.....	89
6.3.3	Primavera e Outono - Dia/Primavera e Outono - Noite. ....	90

---

6.4	CONCLUSÃO .....	91	
CAPÍTULO VII - CONCLUSÃO			
7.	CONCLUSÃO .....	95	
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95	
7.2	PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO .....	96	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 97			
ANEXOS .....			109
A.1	MEMÓRIA DESCRITIVA .....	109	
A.A.1	Introdução.....	109	
A.A.2	Generalidades .....	109	
A.A.3	Solução Estrutural, Construtiva e Acabamentos.....	110	
A.2	PEÇAS DESENHADAS DO PROTÓTIPO.....	112	

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - a) Emissões globais antropogénicas entre o período 1970-2004. b) Distribuição das diferentes emissões de GEE no total das emissões em 2004, em CO <sub>2</sub> eq. c) Distribuição dos diferentes sectores no total das diferentes emissões de GEE em 2004, em CO <sub>2</sub> eq. (adaptado de IPCC, 2007, p. 36) .....	9
Figura 2.2 - Concentração Atmosférica de CO <sub>2</sub> desde Fevereiro de 1959 a Fevereiro de 2010 (CO <sub>2</sub> Now) .....	9
Figura 2.3 - Efeito de Estufa (NASA, 2010) .....	10
Figura 2.4 - Total de emissões de GEE da UE-27 no ano de 1990, em milhões de toneladas (excepto o sector LULUCF) (EEA, 2009a) .....	12
Figura 2.5 - Total de emissões de GEE da UE-27 no ano de 2007, em milhões de toneladas (excepto o sector LULUCF) (EEA, 2009a) .....	12
Figura 2.6 - Aquecimento da Superfície Global; os cenários A1B e B, após o ano 2100 representam cenários de estabilização (adaptado do IPCC, 2007a, p.762). .....	13
Figura 2.7 - Alterações do nível médio do mar (IPCC, 2007a, p.409) .....	14
Figura 2.8 - Extensão do glaciário Ártico e das emissões de CO <sub>2</sub> (Steffen, 2009, p.6) .....	14
Figura 2.9 - Aumento global do nível do mar até 2100 (adaptado NBI, 2009) .....	15
Figura 2.10 - RFC (Smith et al., 2009, p. 2).....	16
Figura 2.11 - Consumo de energia por sectores nos Estados Unidos (Manuagh, 2007) .....	18
Figura 2.12 - Consumo doméstico mundial 1980-2006 per capita (WEC, 2008, p. 6). .....	18
Figura 2.13 - Evolução das emissões de GEE, previstas para o cenário de referência 2010, (adaptado PCM, 2006, p. 6052) .....	23
Figura 2.14 - Divisão do PNAEE (PNAEE, 2008, p. 3).....	26
Figura 3.1 - Relação entre o meio interno e externo (Marieb e Hoehn , 2007, p.5). .....	36
Figura 3.2 - Mecanismos de controlo homeostáticos (Marieb e Hoehn, 2007, p.9). .....	37

---

Figura 3.3 - Exemplo de Feedback Negativo - Regulação da temperatura corporal (Widmaier, Raff e Strang, 2004, p.8) .....	38
Figura 3.4 - Mecanismos de perda de calor do corpo humano - Radiação, Condução/Convecção e Evaporação (Guyton e Hall, 2006, p.891) .....	41
Figura 4.1- Esquema básico de um Sistema Aberto (IPD, 2010) .....	48
Figura 4.2 - Casa em série "Citrohan", 1921 (Le Corbusier, 2002, p. 170).....	49
Figura 4.3 - Esquema da regulação do meio interno do edifício homeostático.....	50
Figura 4.4 - Composição do Sistema de Controlo Homeostático (adaptado de Marieb e Hoehn, 2007) .....	51
Figura 4.5 - Folha de limão com loops interligados (TH, 2010).....	54
Figura 4.6 - Aerogel (TH, 2010a).....	55
Figura 4.7 - Aspen Aerogels (TH, 2010a) .....	55
Figura 4.8 - Células fotovoltaicas impressas em filme fino, com tinta composta por nanoparticulas - Técnica utilizada pela empresa Nanosolar (Nanosolar, 2010) ....	56
Figura 4.9 - Painel fino de 160-220Watts e 1500V, produzido pela empresa Nanosolar (Nanosolar, 2010) .....	56
Figura 4.10 - Composição de reboco com microcápsulas de parafinas (Coutinho, 2006, p.6) .	57
Figura 5.1 - Localização do edifício Schiestlhaus (adaptado OSM, 2010) .....	61
Figura 5.2 - Schiestlhaus - Fachada Sul incorporada de painéis solares e fotovoltaicos (TH, 2010b).....	62
Figura 5.3 - Sistema de ventilação com recuperação de calor (adaptado, NW, 2006, p.30)...	63
Figura 5.4 - Sistema de aquecimento de água (adaptado, NW, 2006, p.25) .....	63
Figura 5.5 - Sistema de aproveitamento da água da chuva (adaptado, NW, 2006, p.35).....	64
Figura 5.6 - Localização da Vivenda em Aalsmeer, Países Baixos (adaptado, OSM, 2010).....	65

Figura 5.7 - Vista frontal da Vivenda em Aalsmeer (EHI, 2005) .....	66
Figura 5.8 - Vista lateral (WS) .....	66
Figura 5.9 - Piso -1 da Vivenda em Aalsmeer, composto por uma arrecadação, lavanderia, sala de estar e uma sala de cinema (EHI, 2005).....	66
Figura 5.10 - Piso 0 da Vivenda em Aalsmeer, composto por uma sala de estar, cozinha, dois quartos e uma casa de banho (EHI, 2005) .....	67
Figura 5.11 - Localização da Casa Especial Nº 9, Louisiana, Estados Unidos da América (adaptado OSM, 2010) .....	67
Figura 5.12 - Fachada principal da Casa Especial Nº 9, (AIA, 2010) .....	68
Figura 5.13 - Protótipo Jardim (AIA, 2010) .....	68
Figura 5.14 - Protótipo Empena (AIA, 2010) .....	68
Figura 5.15 - Sistema de água e ventilação - corte transversal da Casa Nº 9 (adaptado de AIA,2010) .....	70
Figura 5.16 - Adaptação térmica do cabelo dos mamíferos - Diagrama do sistema homeostático (adaptado Lee, 2008, p.5 e 6) .....	70
Figura 5.17 - Parede Permeável, composta de tubos ocos que estabelecem a ligação entre o piso e o tecto (Lee, 2008, p.12) .....	71
Figura 5.18 - Aberturas Deflectoras com padrão "waffle" para o controlo da ventilação (Lee, 2008, p.13 e 14) .....	72
Figura 5.19 - Conjunto de tubos estáticos - Parede composta por garrafas recicladas (Lee, 2008, p.15) .....	73
Figura 5.20 - "Organismo Glorioso" é o sistema mais complexo e que mais se aproxima da forma original da pele e dos cabelos (Lee, 2008, p.16 e 17) .....	74
Figura 6.1 - Esquema dos ganhos solares do protótipo durante o Inverno e Verão .....	79
Figura 6.2 - Casa Jacobs II, projectada por F.L.Wright para Herbert e Katherine - Vista da fachada Sul (Thomson, 2000, p.174) .....	80

---

Figura 6.3 - Planta do piso 0 da Casa Jacobs, composta por uma sala de estar, cozinha e casa de banho (GBO, 2010).....	80
Figura 6.4 - Planta do piso 1 da Casa Jacobs, composta por uma casa de banho e quartos (GBO, 2010) .....	80
Figura 6.5 - Planta da distribuição das veias que envolvem o protótipo .....	81
Figura 6.6 - Inverno - Água quente é bombeado pelas veias do protótipo com o objectivo de aquecer o seu ambiente interno .....	82
Figura 6.7 - Verão - Água fria é bombeada pelas veias do protótipo com o objectivo de arrefecer o seu ambiente interno.....	82
Figura 6.8 - Fachada Sul do Edifício Solar XXI, Lisboa (INETI, 2005) .....	83
Figura 6.9 - Esquema do sistema de convecção do ar - Inverno, Verão e Primavera (adaptado INETI, 2005) .....	83
Figura 6.10 - Esquema do Sistema de Evaporação da Fachada Sul .....	84
Figura 6.11 - Sistema de painéis fotovoltaicos para captação de energia solar.....	84
Figura 6.12 - Sistema de ventilação natural cruzada - eixo Norte-Sul .....	85
Figura 6.13 - Esquema da distribuição do ar no sistema de ventilação forçada.....	85
Figura 6.14 - Sistema de captação de águas pluviais, controlo de das águas residuais e distribuição de água potável do protótipo .....	86
Figura 6.15 - Sistema de distribuição de águas domésticas quente/fria .....	86
Figura 6.16 - Sistema de adaptação do protótipo em caso de inundações .....	87
Figura 6.17 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia no inverno.....	88
Figura 6.18 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite no inverno .....	88
Figura 6.19 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia no verão .....	89
Figura 6.20 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite no verão.....	89
Figura 6.21 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia na primavera/outono ....	90
Figura 6.22 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite na primavera/outono ..	90

---

# ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Impacto das alterações climáticas na construção (adaptado de NHBC, 2007, p.5) .....	20
Quadro 2.2 - Balanço Nacional Líquido de Emissões de GEE e redução induzida pelas novas metas 2007 (adaptado PCM, 2008, p.115) .....	23
Quadro 4.1 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Sistema de Controlo Homeostático (adaptado de Paiva, 1995).....	52
Quadro 4.2 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Temperatura (adaptado de Paiva, 1995) .....	52
Quadro 4.3 - Analogia - Variável Energia (adaptado de Paiva, 1995).....	53
Quadro 4.4 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Ventilação (adaptado de Paiva, 1995) .....	53
Quadro 4.5 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Água (adaptado de Paiva, 1995) .....	53

---

## LISTA DE ACRÓNIMOS

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

AMAP - Artic Monitoring and Assessment Programme

CDIAC - Carbon Dioxide Information Analysis Center

CE - Comissão Europeia

CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CH<sub>4</sub> - Metano

CF<sub>x</sub>CL<sub>x</sub> - Clorofluorcarbono

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

CO<sub>2</sub> eq - Dióxido de Carbono equivalente

CFL - Compact fluorescent lamp

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

EEA - European Environment Agency

EIA - Energy Information Administration

EM - Estados-membros

ENDS - Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável

FPC - Fundo Português do Carbono

GEE - Gases de Efeito de Estufa

Gt - Gigatoneladas

IEA - International Energy Agency

IC - Implementação Conjunta

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

LULUCF - Land Use, Land-Use Change and Forestry

---

MAOTDR - Ministério do Ambiente, do Desenvolvimento do Território e do Desenvolvimento Regional

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

N<sub>2</sub>O - Óxido nitroso

ONG - Organizações Não Governamentais

PEAC - Programa Europeu para as Alterações Climáticas

PNACE - Programa Nacional de Acção para o Crescimento e o Emprego

PCM - Presidência do Conselho de Ministros

PNAC - Plano Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE - Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética

PNALE - Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

SIP - Structural Insulated Panel

UE - União Europeia

UE-15 - União Europeia com 15 Estados-membros

UE-25 - União Europeia com 25 Estados-membros

UE-27 - União Europeia com 27 Estados-membros

USGBC - U.S. Green Building Council

WEC - World Energy Council



# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA .....	3
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada uma introdução sobre a aplicação do conceito da homeostase na arquitectura e sobre o problema dos efeitos das alterações climáticas nos edifícios. Apresenta-se o enquadramento do estudo, assim como as ideias fundamentais que motivaram a abordagem deste tema. Descreve-se a forma como o texto está organizado, assim como a notação utilizada, na dissertação.

## 1.1 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

Esta Dissertação enquadra-se na temática da homeostase na arquitectura como meio de adaptar os edifícios às mudanças causadas pelas alterações climáticas, visando a segurança e bem-estar dos seus ocupantes.

O termo Homeostase é de origem Grega em que *hómoios* = semelhante e *stasis* = situação (DILP, 2010). É utilizado para descrever a capacidade que um organismo possui para regular o seu ambiente interno, mantendo um ambiente estável, quando é sujeito a alterações externas. Essa capacidade que os organismos vivos possuem, é constituída por um conjunto de processos activos que dão origem ao que se chama de “equilíbrio dinâmico” (Marieb e Hoehn, 2007). Sendo que a Homeostase, na sua essência, trata de acção e reacção, uma arquitectura “homeostática” requer portanto o entendimento das condições climáticas tais como a temperatura, a exposição solar, qualidade do ar, chuva entre outros. Portanto a homeostase no mundo arquitectónico, requer uma arquitectura que seja capaz de produzir o chamado “equilíbrio dinâmico”, pois o ambiente em que nós vivemos está em constante mudança.

Quando se trata de mudanças a longo prazo, no padrão do tempo, estamos perante as Alterações Climáticas (NASA, 2005). E estudos recentes indicam que tais alterações vêm ocorrendo a nível global e continuarão a ocorrer no futuro, principalmente devido às interferências humanas no meio ambiente ao longo das últimas décadas. Por conseguinte, as alterações climáticas tornaram-se num dos maiores desafios que a sociedade tem de enfrentar no futuro. Acredita-se que mesmo se medidas mitigadoras forem implementadas, essas alterações continuarão a ocorrer fazendo da adaptação uma necessidade para os países em todo o mundo (Wedawatta, Ingirige e Jones, 2009).

O objectivo deste estudo é conseguir através da aplicação do conceito da homeostase na arquitectura, uma nova forma de conceber edifícios de modo a que estes possam regular o seu ambiente interno. Por outras palavras, pretende-se que os edifícios sejam capazes de responder a estímulos exteriores, como meio de se adaptarem a novas condições.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O texto da dissertação está organizado em 6 partes:

- Na primeira parte (Capítulo 2), apresenta-se uma visão geral acerca do quadro das alterações climáticas relativamente às suas causas e efeitos. Estabelece-se a ligação entre a arquitectura e as alterações climáticas relativamente aos impactos que um exerce sob o outro. Apresenta-se ainda o panorama da situação de Portugal no combate às alterações climáticas, bem como medidas preventivas a serem tomadas no exterior.

- Na segunda parte (Capítulo 3), apresenta-se o conceito da homeostase desde a sua origem e definição, aos aspectos relativos à regulação do meio interno no corpo humano. Caracteriza-se os mecanismos da homeostase, assim como os sistemas que mantêm constante o meio interno do corpo humano.

- Na terceira parte (Capítulo 4), a metodologia de aplicação do conceito da homeostase na arquitectura é apresentada, tendo como base os aspectos abordados na segunda parte do trabalho (Capítulo 3). Assim, desenvolve-se o conceito de Edifício Homeostático seguido de uma analogia estabelecida entre corpo humano - edifício, onde define-se o sistema que posteriormente é aplicado na quinta parte (Capítulo 6) do trabalho.

- Na quarta parte (Capítulo 5), apresentam-se quatro exemplos de construções relacionadas com o tema da dissertação. É realizada uma descrição relativamente à técnica utilizada pelas mesmas, assim como uma análise comparativa das soluções.

- Na quinta parte (Capítulo 6), apresenta-se a proposta para a adaptação dos edifícios através da criação de um protótipo, que engloba na sua construção os conceitos homeostáticos para a regulação do meio interno dos edifícios e técnicas construtivas que visam a redução do consumo de energias provenientes de fontes fósseis.

- Finalmente (Capítulo 7), enuncia-se uma síntese do estudo realizado e apresentam-se as principais conclusões extraídas do mesmo. Apontam-se ainda direcções para desenvolvimentos futuros.

## CAPÍTULO II

# ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS

---

2.	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS .....	7
2.1	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	7
2.1.1	O Ciclo do Carbono .....	8
2.1.2	O Efeito de Estufa .....	10
2.1.2.1	Protocolo de Quioto .....	11
2.1.3	Aquecimento Global .....	13
2.1.4	Aumento do nível do mar e o degelo .....	13
2.1.5	Impactos .....	15
2.2	A ARQUITECTURA E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	17
2.2.1	O sector da construção como uma das principais causas das alterações climáticas ..	17
2.2.1.1	Consumo de energia nos edifícios .....	18
2.2.2	O impacto das alterações climáticas nos edifícios e a necessidade de adaptação... 19	
2.2.2.1	Sobreaquecimento .....	20
2.2.2.2	Inundações .....	21
2.2.2.3	Tempestades .....	21
2.3	PORTUGAL E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	21
2.3.1	Estratégia de Portugal .....	22
2.3.1.1	Programa Nacional para as Alterações Climáticas .....	22
2.3.1.2	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão .....	24
2.3.1.3	Fundo Português do Carbono .....	24
2.3.2	Estratégia Nacional para a Energia .....	25
2.3.2.1	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética .....	26
2.4	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO .....	29
2.4.1	U. S. Green Building Council .....	29
2.4.2	Architecture 2030 .....	30
2.5	CONCLUSÃO .....	30

## 2. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS

*"Climate change is real. The science is compelling. And the longer we wait, the harder the problem will be to solve (Kerry, 2009)."*

- John Kerry,  
Senador dos Estados Unidos da América

As alterações climáticas são um dos maiores desafios que o mundo enfrenta nos nossos dias. No quarto relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, da sigla em inglês), consta que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como parece ser evidente pelas observações do aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, assim como o degelo e o aumento médio do nível do mar, podendo tais alterações conduzir a alguns impactos irreversíveis (IPCC, 2007).

Para a União Europeia (UE) o ano de 2007 foi um ano de mudanças na política no que se refere ao clima e energia. Com os desafios colocados pelas alterações climáticas e pelo fornecimento de energia segura, sustentável e competitiva, assim como o desafio de fazer da economia europeia um modelo de desenvolvimento sustentável no século XXI, a Europa mostrou-se interessada em assumir uma posição de liderança a nível mundial. Notou-se um progresso decisivo na opinião pública que compreendeu a crucial importância de abordar a questão das alterações climáticas e de adaptar a Europa a uma nova situação, sobretudo a redução dos gases de efeito de estufa (GEE) e o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e sustentáveis. De forma a colocar esta questão no centro do programa político da UE, formou-se um consenso político fazendo dela um tema orientador para a União e de extrema importância nas relações internacionais da Europa (CE, 2008). Nesse sentido a UE, em Dezembro de 2008, adoptou uma política integrada no âmbito da energia e das alterações climáticas com objectivos ambiciosos a serem atingidos até 2020 (CE, 2009):

- redução em 20% dos gases com efeito de estufa (30%, se for alcançado um acordo internacional);
- redução em 20% do consumo de energia através do aumento da eficiência energética;
- obtenção de 20% das necessidades energéticas a partir de fontes renováveis.

### 2.1 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

O que são as alterações climáticas?

Muitas vezes confunde-se o termo clima com o termo tempo. Porém a diferença entre ambos verifica-se numa medida de tempo. Isto é, o tempo refere-se às condições da atmosfera durante um curto período, enquanto o clima se refere ao comportamento da atmosfera em períodos de tempo relativamente longos. Quando se fala em alterações climáticas, fala-se sobre as alterações médias a longo prazo do tempo diário. Os cientistas quando se referem ao clima, eles estão a observar as médias de precipitação, temperatura, humidade, insolação, neblina, granizo, geada, velocidades do vento, tempestades entre outros fenómenos climáticos que ocorrem durante um longo período e num determinado lugar (NASA, 2005).

Relativamente às causas das alterações climáticas essas podem ser divididas em duas categorias - causas naturais e causas antropogénicas, sendo a última resultado de emissões de GEE para a atmosfera (IPCC, 2007). Existe um amplo consenso entre os cientistas de todo o mundo que as alterações climáticas são 90% devido às actividades humanas, fundamentalmente, através da queima de combustíveis fósseis (Smith, 2005).

### 2.1.1 O CICLO DO CARBONO

O carbono é o quarto elemento mais abundante no universo após o hidrogénio, hélio e oxigénio. É o elemento-chave da vida, sendo a âncora de todas as substâncias orgânicas, desde os combustíveis fósseis ao ADN. O carbono circula através da terra, oceanos, atmosfera e do interior do planeta num enorme ciclo biogeoquímico que pode ser dividido em duas categorias: o ciclo geológico, que é um processo lento com uma escala temporal de milhões de anos e o ciclo biológico, que é um processo rápido com uma escala temporal de dois a milhares de anos (NASA, 2001).

O ciclo geológico do carbono iniciou-se há bilhões de anos atrás, com a colisão dos planetesimais (pequenos corpos que se formaram a partir da nebulosa solar) e dos meteoritos portadores de carbono na superfície terrestre, provocando um aumento constante do carbono no planeta. Desde então, através do processo de meteorização, o ácido carbónico (ácido resultante da reacção entre  $\text{CO}_2$  e água) foi lentamente reagindo com o cálcio e o magnésio da crosta terrestre dando origem aos carbonatos insolúveis. Os carbonatos por sua vez são arrastados para o oceano, através do processo da erosão, acabando eventualmente por depositarem-se no fundo. Posteriormente com o arrastamento desses materiais para o manto terrestre através da subducção (processo de sobreposição de placas) nas bordas das placas continentais, resultando depois na devolução do carbono à atmosfera em  $\text{CO}_2$  durante as erupções vulcânicas. O ciclo biológico do carbono processa-se através do fluxo de entrada e saída do carbono da terra e do oceano, através dos processos da fotossíntese e da respiração. No processo da fotossíntese, as plantas ao absorverem a energia solar e o  $\text{CO}_2$  da atmosfera, produzem oxigénio e hidratos de carbono (açúcares). As plantas e os animais consomem os hidratos de carbono pelo processo de respiração, que liberta a energia contida nos hidratos de carbono e emite  $\text{CO}_2$  (NASA, 2001). Com as actividades humanas, principalmente a queima

de combustíveis fósseis, produção de cimento, desflorestação e desenvolvimento agrícola, grandes quantidades de CO<sub>2</sub> são adicionadas à atmosfera, contribuindo para as alterações climáticas (IPCC, 2007b).

Desde a Revolução Industrial que a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> tem aumentado, assim como dos outros GEE. Entre os anos de 1970 e 2004 as emissões de CO<sub>2</sub> aumentaram de 21 para 38 gigatoneladas (Gt), cerca de 80%, sendo que no último ano representavam cerca de 77% das emissões antropogénicas. Relativamente à taxa de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq) o aumento foi muito menor durante o período 1974-1994 (0,43 Gt CO<sub>2</sub> eq por ano) do que no período posterior 1994-2004 (0,92 Gt CO<sub>2</sub> eq por ano) (figura 2.1) (IPCC, 2007).

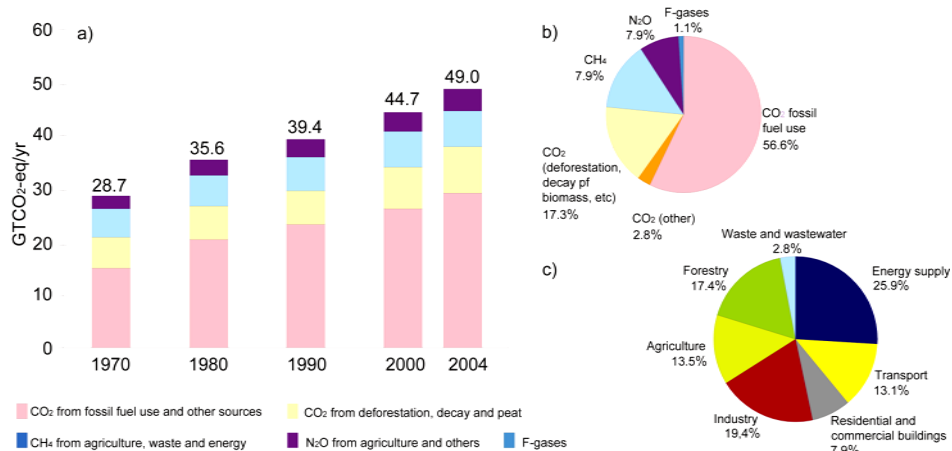


Figura 2.1 - a) Emissões globais antropogénicas entre o período 1970-2004. b) Distribuição das diferentes emissões de GEE no total das emissões em 2004, em CO<sub>2</sub>eq. c) Distribuição dos diferentes sectores no total das diferentes emissões de GEE em 2004, em CO<sub>2</sub> eq. (adaptado de IPCC, 2007, p. 36)

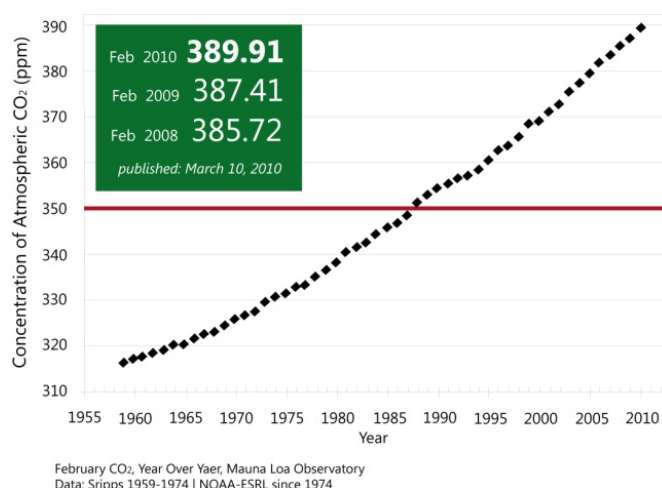


Figura 2.2 - Concentração Atmosférica de CO<sub>2</sub> desde Fevereiro de 1959 a Fevereiro de 2010 (CO<sub>2</sub>Now)

Actualmente a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> é de 389.91 ppm (partes por milhão), segundo os registos efectuados pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA

sigla em inglês) e pelo Instituto de Pesquisa Sripss (TSRI) desde 1959 a 2010 (figura 2.2) (CO<sub>2</sub>Now).

### 2.1.2 O EFEITO DE ESTUFA

O efeito de estufa trata-se de um efeito que ocorre na atmosfera devido à presença de determinados gases (GEE) que absorvem a radiação infravermelha. A energia produzida pela luz solar e os raios ultra-violetas, que ao penetrarem a atmosfera aquecem a superfície terrestre, é reirradiada com radiação infravermelha que é absorvida pelos GEE, devido ao comprimento da sua onda (ODS, 2005) (figura 2.3).

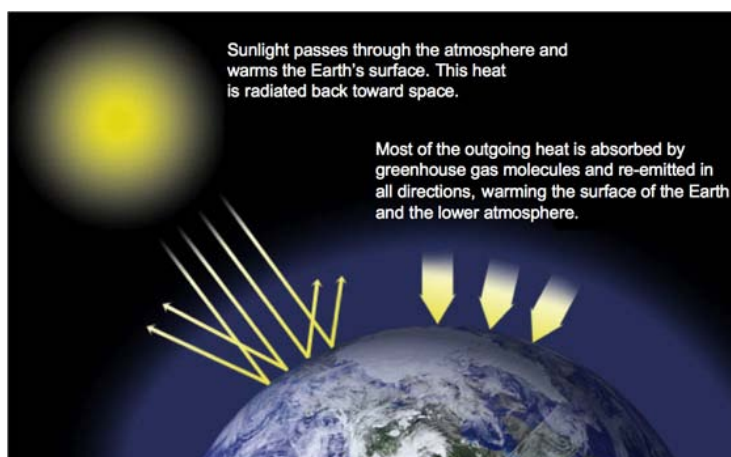


Figura 2.3 - Efeito de Estufa (NASA, 2010)

O vapor de água (H<sub>2</sub>O) é o principal GEE sendo responsável por cerca de 2/3 do efeito de estufa natural. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o principal gás responsável pelo efeito de estufa ampliado, ou seja, de origem antropogénica com uma contribuição global de 60%. Em relação aos países industrializados o CO<sub>2</sub> representa cerca de 80% das emissões de GEE. O segundo maior contribuinte do efeito de estufa ampliado é o metano (CH<sub>4</sub>) com uma contribuição de 20% sendo que desde a Revolução Industrial a sua concentração atmosférica duplicou. Relativamente ao óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), em países industrializados é responsável por cerca de 6% das emissões de GEE. A sua concentração atmosférica aumentou cerca de 16% desde a Revolução Industrial, contribuindo entre 4 a 6% para o efeito de estufa ampliado. Por último os gases fluoretados dos quais incluem-se os hidrofluorcarbonetos (HFCs) (utilizados nos sistemas de arrefecimento e refrigeração); hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) (utilizado na indústria electrónica); e o perfluorocarbono (PFCs) (emitido durante o fabrico de alumínio e utilizado na indústria electrónica). E ainda existe os clorofluorocarbonos (CFCs), que além de serem gases fluoretados de efeito de estufa, também são responsáveis pelo empobrecimento da camada do ozono, sendo que a sua utilização está a ser gradualmente eliminada ao abrigo do Protocolo de Montreal de 1987, sobre Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozono (CE, 2007). Relativamente ao CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, SF<sub>6</sub> e PFCs, as suas emissões são determinadas pelo Protocolo de Quioto (UNFCC, 1998).

### 2.1.2.1 PROTOCOLO DE QUIOTO

Designa-se por Protocolo de Quioto o acordo internacional ligado à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CONUAC) adoptado em Quioto (Japão), a 11 de Dezembro de 1997 (UNFCCC, 2009). O Protocolo propõe uma redução de pelo menos 5,2% das emissões de GEE até 2012 tendo como base os níveis de 1990, e para a sua entrada em vigor foi necessário o cumprimento de duas condições. O Protocolo teria de ser ratificado por 55 países e os mesmos teriam de ser responsáveis por, pelos menos, 55% das emissões de CO<sub>2</sub> em 1990. Foi com a ratificação da Rússia em Novembro de 2004 que o Protocolo de Quioto entrou em vigor a 16 de Fevereiro de 2005 (UITP, 2009). Actualmente o Protocolo possui a ratificação de 186 países e da Comissão Europeia, representando cerca de 63,7% das emissões de 1990 (UNFCCC, 2009a).

A UE-15, no âmbito do Protocolo de Quioto, assumiu o compromisso comum de reduzir as suas emissões de GEE para 8% entre 2008 e 2012, relativamente aos níveis do ano base. Mas a UE-27 não possui uma meta de Quioto comum para a redução das emissões. As figuras 2.4 e 2.5 mostram registos das emissões na UE nos anos 1990 e 2007, respectivamente. A Alemanha e o Reino Unido são os maiores emissores, representando cerca de um terço do total das emissões da UE-27. Estes dois EM alcançaram um total de reduções de 393 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, em comparação com 1990. Os principais motivos para a tendência favorável verificada na Alemanha foram o aumento da eficiência em energia e instalações de aquecimento e a reestruturação económica nos cinco novos Länder após a reunificação alemã. No Reino Unido, a liberalização dos mercados da energia e a subsequente passagem do petróleo e do carvão para o gás na produção de electricidade e medidas de diminuição de emissões de N<sub>2</sub>O, foram as principais causas do decréscimo das emissões de GEE. A Itália e a França são os terceiro e quarto maiores emissores de GEE, ambos com uma quota de 11%. As emissões da Itália são cerca de 7% acima dos níveis de 1990 em 2007 sendo que, desde 1990, as emissões aumentaram em particular devido aos transportes rodoviários, à produção de electricidade e calor e à refinação de gasolina. Em comparação com os níveis de 1990, a França alcançou uma redução de 6% em 2007. Em França, grandes reduções foram alcançadas nas emissões de N<sub>2</sub>O, contudo as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes dos transportes rodoviários aumentaram consideravelmente entre 1990 e 2007. A Espanha e a Polónia são os quinto e sexto maiores emissores da UE-27, sendo responsáveis por 9% e 8%, respectivamente, do total de emissões de GEE da UE-27. A Espanha aumentou as emissões em 54% entre 1990 e 2007, em grande parte devido ao aumento das emissões provenientes dos transportes rodoviários, electricidade e calor, e as indústrias de manufactura. A Polónia registou uma diminuição de emissões de GEE em 13% entre 1990 e 2007 (- 29% desde o ano base de 1988). Os principais factores para a redução das emissões na Polónia foram o declínio da indústria pesada e a reestruturação global da economia no final de 1980 e início de 1990, com a excepção dos transportes onde as emissões aumentaram (EEA, 2009).

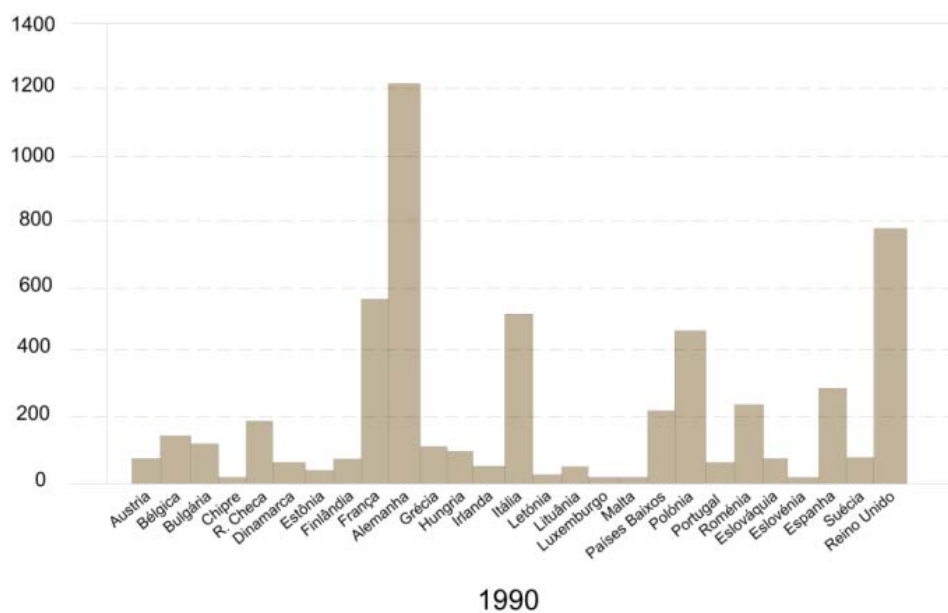


Figura 2.4 - Total de emissões de GEE da UE-27 no ano de 1990, em milhões de toneladas (excepto o sector LULUCF) (EEA, 2009a)

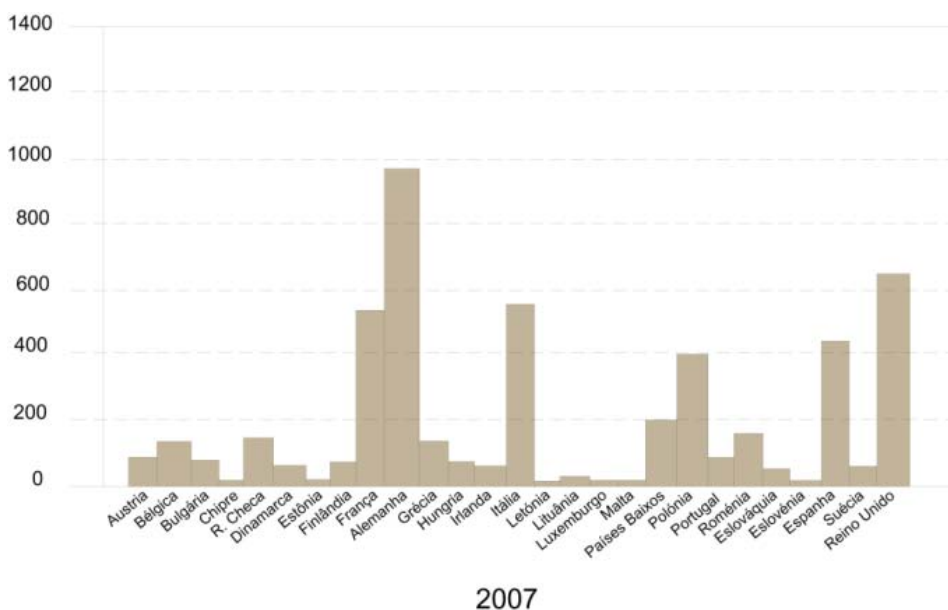
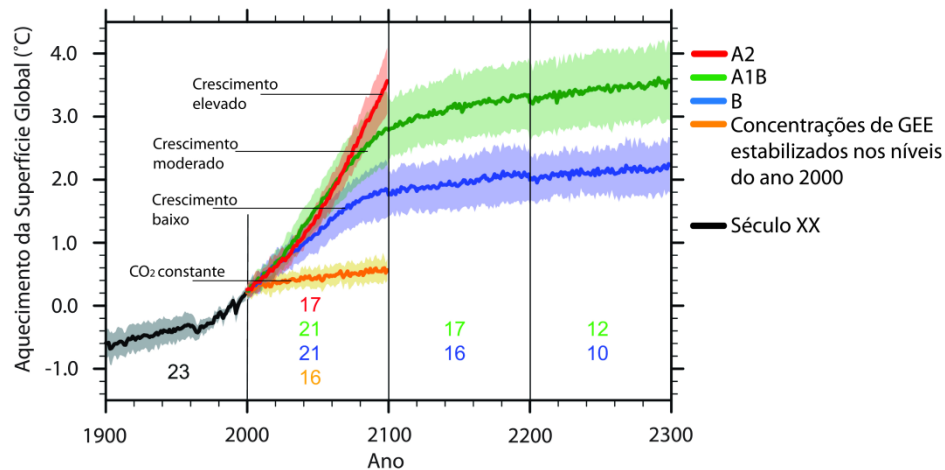


Figura 2.5 - Total de emissões de GEE da UE-27 no ano de 2007, em milhões de toneladas (excepto o sector LULUCF) (EEA, 2009a)

Em Dezembro de 2009 decorreu em Copenhaga, entre os dias 7 e 19 a Conferência das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, que resultou no “Acordo de Copenhaga”, negociado pelos dirigentes de cerca de 28 países desenvolvidos e em desenvolvimento e pela Comissão Europeia, os quais representam mais de 80% das emissões de GEE (CE, 2010). O objectivo principal da conferência era de estabelecer um compromisso internacional e juridicamente vinculativo como sucessor do Protocolo de Quioto, cuja fase actual termina em 2012, porém tal não sucedeu (CA, 2010).

### 2.1.3 AQUECIMENTO GLOBAL

Nas próximas duas décadas, é projectado um aquecimento de cerca de  $0.2^{\circ}\text{C}$  por década para uma série de cenários do Relatório Especial sobre Cenários de Projeções (SRES na sigla em inglês). Mesmo que as concentrações de todos os GEE e aerossóis se mantivessem constantes nos níveis do ano 2000, seria esperado um aquecimento adicional de cerca de  $0,1^{\circ}\text{C}$  por década (IPCC, 2007a). A figura 2.6 apresenta três cenários do SRES: A2, A1B e B1 com projecções para o aquecimento superficial do planeta.



**Figura 2.6** - Aquecimento da Superfície Global; os cenários A1B e B, após o ano 2100 representam cenários de estabilização (adaptado do IPCC, 2007a, p.762).

Estudos realizados, através da utilização dos cenários de projecção do IPCC, indicam que o aumento da temperatura da superfície terrestre poderá provocar o aumento do nível do mar e provocar alterações no padrão das precipitações podendo resultar na expansão dos desertos subtropicais (Lu et al., 2007).

### 2.1.4 AUMENTO DO NÍVEL DO MAR E O DEGELO

A questão do aumento do nível do mar encontra-se no topo da agenda em qualquer discussão sobre alterações climáticas globais, pois é uma questão fundamental e uma grande fonte de incerteza nas projecções de futuro aumento do nível do mar, tendo em conta que se trata de prever a medida em que o nível do mar poderá subir como resultado de alterações nos glaciares polares da Gronelândia, neste século e para além (AMAP, 2009).

De acordo com o quarto relatório do IPCC, existem fortes indícios de que o nível global do mar aumentou gradualmente no século XX e que está actualmente a crescer a um nível elevado, após um período de poucas mudanças entre os anos 0 e 1900. Esse aumento pode ser ainda maior durante este século tendo como principais causas a expansão térmica dos

oceanos e o degelo (IPCC, 2007a). A figura 2.7 mostra a evolução do nível médio global do mar no passado, assim como o projectado para o século XXI para o cenário SRES A1B.

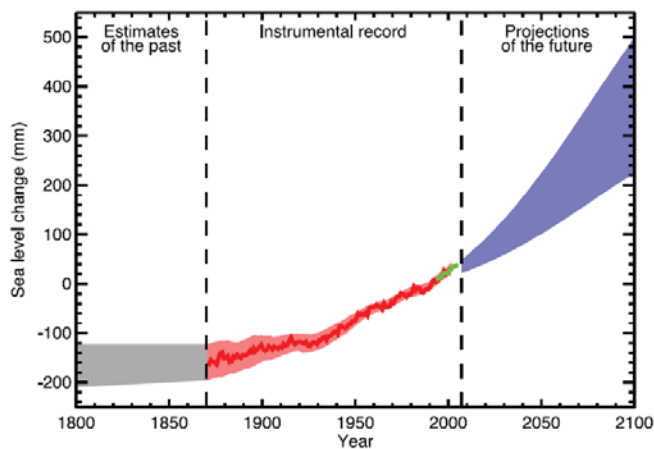


Figura 2.7 - Alterações do nível médio do mar (IPCC, 2007a, p.409)

Segundo o IPCC o fenómeno do degelo tem-se verificado ao longo de muitos anos, especialmente desde 1980. Áreas afectadas como as zonas costeiras da Gronelândia, Antárctica Ocidental e Península Antárctica, têm contribuído para o aumento do nível médio do mar. A camada de gelo da região do Ártico vem diminuindo em todas as estações, mas com maior intensidade no verão. Dados relativos à camada de gelo da zona central do Ártico, indicam uma redução de 40% na sua espessura, acreditando-se que este cenário não será apenas do Ártico central e sim de toda a sua extensão (IPCC, 2007c).

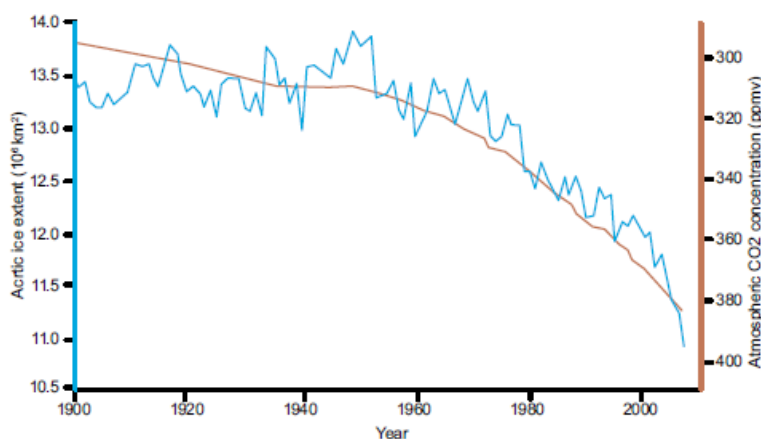


Figura 2.8 - Extensão do glaciário Ártico e das emissões de CO<sub>2</sub> (Steffen, 2009, p.6)

A figura 2.8 mostra o declínio da área do gelo do mar Ártico no verão nos últimos dois anos. Esse declínio é evidência de que alguns componentes do sistema climático estão a responder de forma rápida e não linear para a actual taxa e magnitude do aquecimento devido às emissões antrópicas dos GEE (Steffen, 2009).

Durante o período de Fevereiro de 2003 a Janeiro de 2008, a calote polar da Gronelândia perdeu massa a uma proporção de 179 Gt/ano, equivalendo a uma subida média global do nível da água do mar de 0,5 mm/ano. A maior perda de massa ocorreu ao longo das costas do sudeste e noroeste nos verões de 2005 e 2007 em que o lençol de gelo perdeu, em dois meses, 279 Gt e 328 Gt de gelo respectivamente (Wouters et al., 2008). As projecções recentes para o aumento global do nível do mar até 2100, incluindo as perdas de gelo do Árctico e da Antárctica, são de 1 m ( $\pm 0,5$  m), superiores ao envelope do IPCC (AMAP, 2009) (figura 2.9).

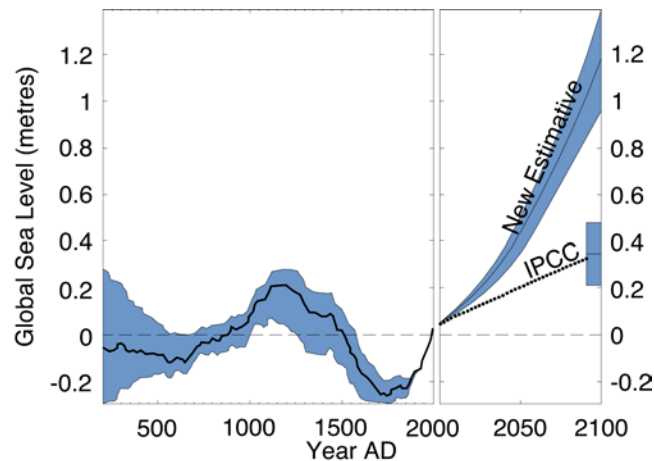


Figura 2.9 - Aumento global do nível do mar até 2100 (adaptado NBI, 2009)

### 2.1.5 IMPACTOS

As alterações climáticas afectarão de forma diferente as diversas partes do planeta. As pessoas que vivem em zonas costeiras ou próximas de rios estarão vulneráveis às alterações climáticas devido ao aumento do risco das inundações, assim como pessoas cujas actividades dependem de recursos sensíveis, tais como a agricultura. Nos países em desenvolvimento em que muitos lutam pela sobrevivência, o cenário poderá ser mais complicado sendo mais difícil o processo de adaptação às alterações climáticas (CY, 2009).

Segundo o quarto relatório do IPCC alguns sistemas, sectores e regiões serão especialmente afectados pelas alterações climáticas:

- Ecossistemas:
  - Terrestre: tundra, boreais e regiões montanhosas devido à sensibilidade para o aquecimento; ecossistemas mediterrâneos devido à redução da pluviosidade, e as florestas tropicais onde as precipitações diminuem;
  - Costeiros: manguezais e recifes, em resultado de múltiplas pressões;

- Marinheiros: recifes de coral já bastante vulneráveis, o bioma de gelo do mar devido à sensibilidade para o aquecimento;

- Recursos hídricos em algumas regiões secas a latitudes médias de 13 e nos trópicos secos, devido a mudanças na precipitação e evapotranspiração, e nas zonas dependentes do derretimento da neve e do gelo;
- Agricultura nas latitudes mais baixas, devido à reduzida disponibilidade de água;
- Sistemas costeiros de baixa altitude, devido à ameaça de aumento do nível do mar e aumento do risco para eventos meteorológicos extremos;
- Saúde em populações com baixa capacidade de adaptação;
- O Ártico, devido aos impactos das altas taxas de aquecimentos projectados tanto em sistemas naturais como em comunidades humanas;
- África, por causa da baixa capacidade de adaptação e impactos das alterações climáticas projectados;
- Mega deltas Asiáticos e Africanos, devido às grandes populações e a alta exposição ao aumento do nível do mar, tempestades e inundações fluviais.

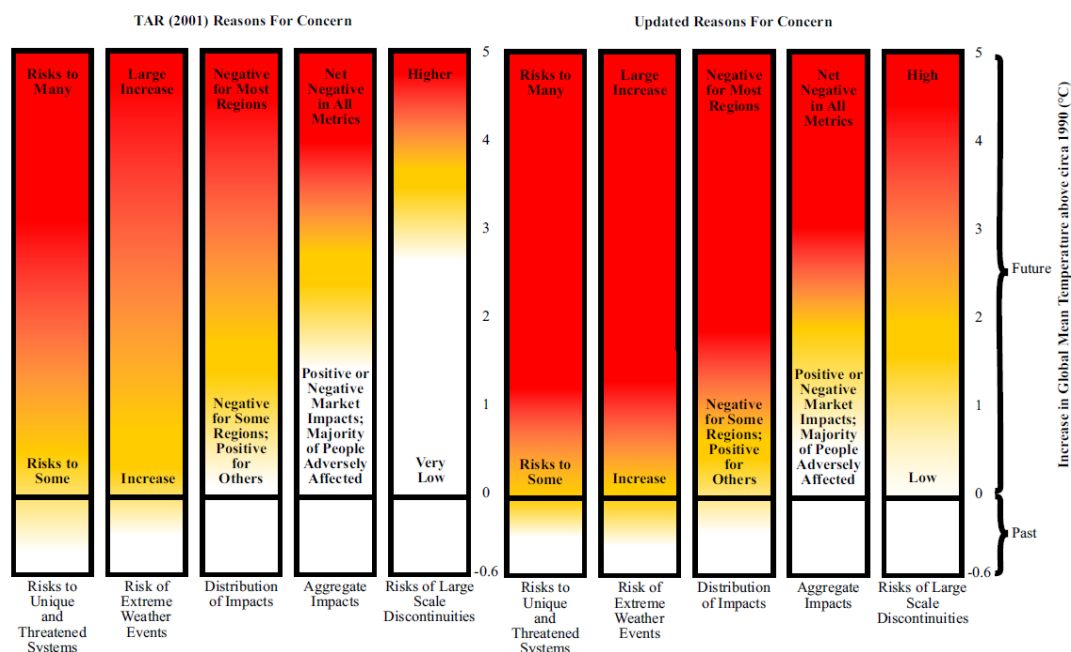


Figura 2.10 - RFC (Smith et al., 2009, p. 2)

Noutras áreas, mesmo aquelas com rendimentos elevados, algumas pessoas (como pobres, crianças e idosos) podem estar particularmente em risco, e também outras actividades.

Os autores do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, numa tentativa de fornecer algumas informações relativamente aos impactos das alterações climáticas, identificaram 5 “motivos

de preocupação” que deverão ser levados em consideração (Smith et al., 2009). Os resultados apresentados na figura 2.10 representam uma relação entre os impactos potenciais e o aumento da temperatura média global. Os dados mais recentes mostram um aumento significativo relativamente ao cenário apresentado em 2001.

## 2.2 A ARQUITECTURA E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### 2.2.1 O SECTOR DA CONSTRUÇÃO COMO UMA DAS PRINCÍPAIS CAUSAS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

*“Almost 40 percent of the global warming pollution in our country comes from old, inefficient, leaky buildings that don't have to be that way (AW, 2009).”*

*Al Gore,  
Ex-vice-presidente dos Estados Unidos*

O desenvolvimento sustentável tem a construção civil como sector chave, pois a construção, uso e demolição de edifícios pode gerar benefícios sociais e económicos importantes para a sociedade mas também tem a capacidade de criar graves impactos negativos principalmente no ambiente. O consumo de energia associado às emissões de GEE, a produção de resíduos, a utilização de materiais de construção e reciclagem, utilização de água e a integração dos edifícios com outras infra-estruturas e sistemas sociais são as áreas de maior preocupação (UNEP, 2007).

Em Outubro de 2003 foi realizada uma pesquisa pela revista Metropolis mostrando que os edifícios são a principal fonte de consumo de energia nos Estados Unidos, sendo responsáveis por 48% do total dos consumos. As restantes percentagens dividem-se pelos sectores da indústria e transporte, com 25% e 27% respectivamente. Os 48% de consumo de energia dos edifícios dividem-se depois em 21% de edifícios residenciais, 17% de edifícios comerciais e por último 10% de edifícios industriais (Hawthorne, 2003). Os dados apresentados são resultados de estudos realizados pelo arquitecto Edward Mazria que afirma que os 48% de consumo de energia nos Estados Unidos e emissões dos GEE são atribuídos ao sector dos edifícios, sendo a grande maioria - 40% do consumo total - atribuída apenas à utilização dos edifícios (aquecimento, iluminação, refrigeração, água quente, etc.). Marzia atribui os restantes 8% das emissões dos GEE à produção de materiais para construção (figura 2.11) (Manough, 2007). Relativamente à UE, o sector da construção é responsável por cerca de 40% do consumo total de energia e cerca de 36% do total das emissões de CO<sub>2</sub> (CE, 2008a).

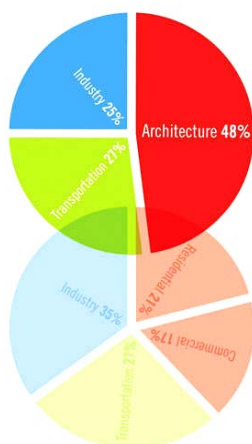


Figura 2.11 - Consumo de energia por sectores nos Estados Unidos (Manauagh, 2007)

### 2.2.1.1 CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

O uso de energia nos edifícios é responsável por grande parte do consumo mundial de energia final. Em sectores como o residencial e comercial, o maior consumo de energia ocorre nos edifícios. Isto inclui a energia utilizada para controlar o ambiente interno nos edifícios, mas também energia utilizada para electrodomésticos, iluminação e outros equipamentos instalados (IEA, 2008). O consumo de energia nos edifícios varia muito de acordo com a geografia, clima, localização e tipo de construção. É fundamental a distinção entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como o contraste entre a adaptação de edifícios existentes e as novas construções. A eficiência energética deverá ser transversal a todos os níveis de padrões de qualidade de edifícios existentes, e não restrita a propriedades mais sofisticadas. O que torna impossível a criação de uma simples solução que se adeque a todos os mercados e culturas. A tendência é que as necessidades energéticas locais aumentarem devido às alterações climáticas, pois as pessoas terão necessidade de manter níveis de conforto em condições mais extremas (EEE, 2008).

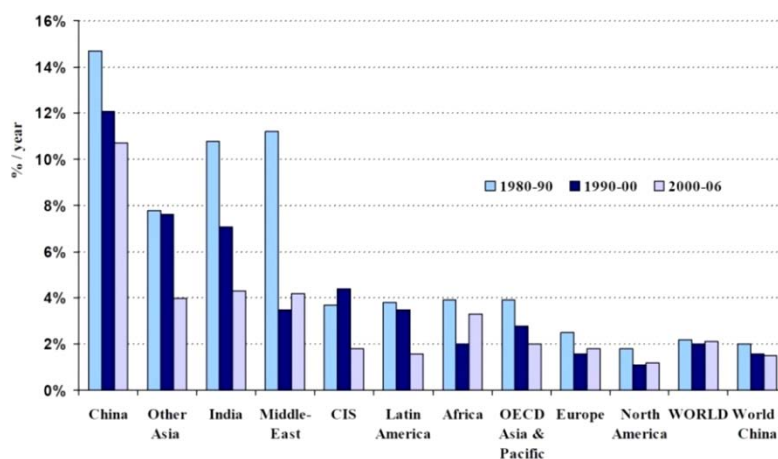


Figura 2.12 - Consumo doméstico mundial 1980-2006 per capita (WEC, 2008, p. 6).

Na UE-27, o consumo doméstico de energia final aumentou cerca de 16% entre 1990-2005, devido ao aumento dos rendimentos pessoais que permitiram padrões de vida mais elevados, com aumentos nos níveis de conforto e na aquisição de aparelhos domésticos. No mesmo período o preço real da electricidade em residências baixou. O aquecimento e arrefecimento são as componentes mais significativas da procura de energia doméstica, e pode variar substancialmente de ano para ano, dependendo das variações climáticas.

No entanto, é a procura de electricidade a partir de aparelhos que tem aumentado mais rapidamente nos últimos anos (EEA, 2008). A figura 2.12 mostra o consumo doméstico mundial durante o período 1980-2006.

### 2.2.2 O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NOS EDIFÍCIOS E A NECESSIDADE DE ADAPTAÇÃO

Os edifícios normalmente têm uma vida útil longa, que pode facilmente chegar aos 50 ou 100 anos. Por conseguinte, face às alterações climáticas esperadas é necessário olhar para o futuro, e analisar como os edifícios responderão a essas alterações previstas pelos climatologistas (Wilde et al, 2008).

Um dos requisitos fundamentais dos edifícios é a protecção das pessoas, que vivem e trabalham dentro deles, das condições climatéricas. A sua construção tem como objectivo a criação de um ambiente interno confortável e energeticamente eficiente, tornando assim a compreensão adequada do clima uma componente chave para um projecto bem sucedido. Como tal, não sendo suficiente contar apenas com a estrutura para fornecer as condições internas que nós exigimos, os edifícios são cada vez mais projectados de forma a utilizarem técnicas passivas e têm evoluído de modo a adaptarem-se ao clima envolvente (Pretlove e Oreszczyn, 1998).

Se as alterações climáticas ocorrerem como é previsto, a projecção e construção dos edifícios em que nós vivemos e trabalhamos será afectada para ir de encontro à necessidade de adaptação dos mesmos (BBC, 2009). Assim como mudanças no método de construção dos edifícios, as alterações climáticas podem ter um impacto significativo em muitos aspectos do desempenho energético dos mesmos, que por sua vez pode aumentar o risco e incerteza para credores e seguradoras (NHBC, 2007). O quadro 2.1 mostra alguns impactos que as alterações climáticas poderão ter na construção.

De acordo com o IIGCC (Institutional Investors Group on Climate Change) os principais impactos das alterações climáticas sobre a construção são:

- Impactos climatéricos: inundações, erosão costeira, subsidência, sistemas de drenagem exigem novas técnicas de construção e materiais para resistir a condições climáticas adversas; influência da escolha do local;

- Custo de financiamento / seguro: sector de seguros começa a ter em conta o impacto das alterações climáticas nos prémios de seguro. O sector ainda tem que organizar os sistemas para a realização dos descontos de mitigação de risco associados às alterações climáticas, porém poderia ser levado a fazê-lo através do reforço das iniciativas da indústria da construção;
- Interrupção das construções devido a invernos húmidos (chuvosos).

Quadro 2.1 - Impacto das alterações climáticas na construção (adaptado de NHBC, 2007, p.5)

Componentes, subestruturas e edifícios	Impactos
Ar Condicionado/Aquecimento/Sistemas de Arrefecimento	Poupança nas despesas durante o inverno, necessidade de actualizar a estanqueidade, aumento da necessidade de refrigeração e diminuição da necessidade de aquecimento
Caves (subestruturas)	Aumento do risco de elevação ou subsidência, entrada de água, danos consequentes nos acabamentos e em itens armazenados
Sistemas de Iluminação	Aumento de nuvens irá reduzir a luz natural, aumento de radiação poderá aumentar a necessidade de controle de brilho
Serviços mecânicos e eléctricos	Os sistemas complexos terão um tempo de vida reduzido ou maior confiabilidade caso o aumento de temperatura não seja controlado; o que também poderá ter implicações na saúde e segurança
Materiais	Os plásticos terão um tempo de vida curto devido ao aumento da radiação
Coberturas	Aumento dos custos de reparação e riscos de falhas devido a ventos fortes, vento e precipitação
A maioria dos materiais	Aumento de salinidade em zonas marinhas reduzirá o tempo de vida
Todo edifício	Aumento dos custos de limpeza devido a ventos fortes, ventos, humidade relativa, precipitação
Todo edifício	Poderá alterar os custos de construção e a duração devido a chuvas intensas e perda associada de produção. Os custos podem aumentar ou diminuir dependendo das época ou região
Fundação e subestrutura de betão	Aumento do risco de danos por água do subsolo
Estrutura/revestimento/estruque/impermeabilizante	Aumento do risco de fissuras devido a diferentes movimentos térmicos ou humidade
Selantes	Aumento do risco de falhas devido a diferentes movimentos térmicos ou humidade
Construções em Madeira	Aumento do risco de falhas devido ao aumento na humidade relativa, dependendo do projecto

A adaptação é parte vital de uma resposta ao desafio das alterações climáticas. Trata-se da única forma de lidar com os impactos inevitáveis das alterações climáticas ao qual o mundo já está comprometido e, além disso, oferece uma oportunidade para ajustar as actividades económicas nos sectores vulneráveis e apoiar o desenvolvimento sustentável. A adaptação, juntamente com a mitigação, é uma importante estratégia de resposta. Sem uma mitigação antecipada e forte, os custos de adaptação irão subir, e os países e a capacidade dos indivíduos de se adaptarem efectivamente será restrita (Stern, 2006).

### 2.2.2.1 SOBREAQUECIMENTO

Em 2003, a Europa foi atingida por uma onda de calor que iniciou em Junho e terminou em meados de Agosto, aumentando as temperaturas em 20 a 30% acima da média sazonal, causando enormes impactos sociais, económicos e ambientais. A França foi o país mais afectado chegando a atingir temperaturas máximas de 40 °C e com um registo de 14.802 mortos (UNEP, 2004).

Com as projecções das alterações climáticas, até o ano de 2050, esperam-se verões rigorosos tais como o verificado em 2003. Nos edifícios as altas temperaturas podem ser amenizadas através do uso de ar condicionados, porém estes estão associados ao consumo de energia e às emissões de CO<sub>2</sub> contribuindo para o aumento do aquecimento global (Capon e Hacker, 2009).

#### 2.2.2.2 INUNDAÇÕES

Projecções indicam que até 2080 muitos milhões de pessoas, mais que actualmente, poderão vir sofrer com as inundações ano após ano devido ao aumento do nível médio do mar. O número de pessoas afectadas poderá ser muito maior em zonas com maior densidade populacional e “*mega deltas*” asiáticos e africanos, enquanto pequenas ilhas são especialmente vulneráveis [IPCC, 2007].

O contexto urbano é onde o problema das inundações é mais grave, pois uma inundação de maré tem a capacidade de danificar inúmeras habitações e infra-estruturas em curto período de tempo, porém os danos causados são duradouros exigindo longos períodos de reconstrução e recuperação. O problema agravar-se-á com o crescimento da população, migração urbana e demanda por habitação (BF e ICE, 2010).

#### 2.2.2.3 TEMPESTADES

As projecções do IPCC indicam que os ciclones tropicais, tufões e furacões, poderão tornar-se mais intensos, com maiores picos de velocidade de ventos e precipitações mais intensas associados ao aumento contínuo da temperatura superficial do mar (IPCC, 2007). Esse possível aumento na velocidade dos ventos poderá conduzir a uma revisão dos códigos de construção de forma a tornar os edifícios mais resistentes aos impactos (NHBC, 2007).

### 2.3 PORTUGAL E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Em 13 de Junho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, Portugal assinou a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas. Mais tarde, em 1997, Portugal participou nas negociações que levariam ao estabelecimento do Protocolo de Quioto. Assim, um ano depois (Abril de 1998), Portugal assina o Protocolo de Quioto e seu compromisso de emissão de GEE foi fixado em 2002, quando a União Europeia como um todo comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE em 8% até 2012. Ainda em 1998, o Governo Português criou uma Comissão para as Alterações Climáticas (CAC), com o objectivo de promover e facilitar a política de alterações climáticas em todos os órgãos do Governo com competências relevantes, bem como para assegurar que estas questões sejam consideradas em toda a gama de políticas sectoriais. Em 2000, durante a Presidência Portuguesa do Conselho da União Europeia, foi

aprovado a Estratégia de Lisboa, com foco nos âmbitos do emprego e do crescimento económico. Como resposta a esta estratégia, o Governo Português aprovou o Programa Nacional de Acção para o Crescimento e o Emprego (PNACE), que inclui 125 medidas para atingir quatro objectivos estratégicos, sendo o reforço da coesão social, territorial e ambiental, um dos objectivos. Este programa constitui um quadro de outros programas e estratégias relacionadas com o ambiente e a energia, especialmente (WEC, 2007):

- A Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável;
- O Plano Tecnológico;
- A Estratégia Nacional de Energia;
- Programa Nacional de Mudanças Climáticas (PNAC);
- E os Planos Nacionais de Atribuição (PNA).

### 2.3.1 ESTRATÉGIA DE PORTUGAL

A estratégia de Portugal para o cumprimento da meta de Quioto baseia-se especialmente em três pilares (ENDS, 2008):

- Programa Nacional de Alterações Climáticas (PNAC)
- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE II)
- Fundo Português de Carbono (FPC)

#### 2.3.1.1 PROGRAMA NACIONAL PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Os países que assinaram o Protocolo de Quioto têm como objectivo, a longo prazo, a redução dos níveis de emissão de GEE. Portugal, como país signatário do Protocolo e Estado-Membro da UE, comprometeu-se em reter o aumento das suas emissões de GEE em 27%, durante o período 2008-2012, relativamente às emissões de 1990. No sentido de respeitar os compromissos de Portugal no âmbito do Protocolo de Quioto e da partilha de responsabilidades no seio da UE, criou-se o Programa Nacional para as Alterações climáticas (PNAC), com o propósito exclusivo de controlar e reduzir as emissões de GEE (PNAC, 2001).

O primeiro Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) foi aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2004, de 31 de Julho. Mais tarde, na sequência da revisão do PNAC 2004 e sob a salvaguarda da Comissão para as Alterações Climáticas, o Governo aprovou o Plano Nacional para as Alterações Climáticas através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto. O Governo, em 2007, resolveu revisar em alta algumas metas do PNAC 2006, relativas a políticas e medidas dos sectores da oferta de energia e dos transportes. Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008, de 4 de Janeiro, essas políticas e medidas foram aprovadas, procedendo a uma revisão do PNAC 2006 com a aprovação das designadas "novas metas 2007" (APA, 2009).

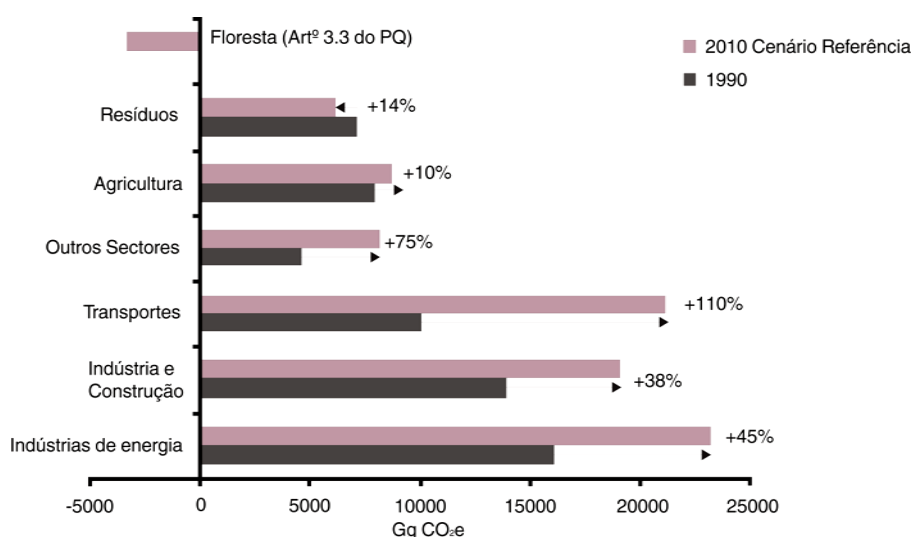


Figura 2.133 - Evolução das emissões de GEE, previstas para o cenário de referência 2010, (adaptado PCM, 2006, p. 6052)

No PNAC 2006, de modo a cumprir os compromissos internacionais, foi introduzido um conjunto de medidas adicionais tendo em vista a evolução dos diversos sectores de actividade até 2010. A figura 2.13 mostra essa evolução esperada nos vários sectores no período de 1990-2010, sendo que os sectores de maior impacte são as Industrias da energia, Transportes e Indústria e Construção (PCM, 2006).

Quadro 2.2 - Balanço Nacional Líquido de Emissões de GEE e redução induzida pelas novas metas 2007 (adaptado PCM, 2008, p.115)

(Gg CO <sub>2</sub> e)	Cenário Referência		Cenário c/ Medidas Adicionais	Redução Novas Metas 2007	Redução com Novas Medidas
	1990	2010	2010	[(2008-12)/5]	%
<b>1. ENERGIA</b>	<b>40169</b>	<b>65741</b>	<b>63782</b>		
A. Actividades de Combustão	39944	64302	62336		
<b>1. Indústrias da energia</b>	16010	23146	22161	<b>-901</b>	<b>4%</b>
<b>2. Indústria e construção</b>	9263	11902	11602		
<b>3. Transportes</b>	10052	21151	20543	<b>-655</b>	<b>3%</b>
<b>4. Outros sectores</b>	4619	8104	8031		
B- Emissões fugitivas de combustíveis (produtos de petróleo e gás natural)	225	1438	1445		
<b>2. PROCESSOS INDUSTRIAIS</b>	<b>4626</b>	<b>7204</b>	<b>7204</b>		
<b>3. SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS</b>	<b>220</b>	<b>290</b>	<b>290</b>		
<b>4. AGRICULTURA</b>	<b>7878</b>	<b>8649</b>	<b>8220</b>		
<b>5. RESÍDUOS</b>	<b>7061</b>	<b>6080</b>	<b>6080</b>		
<b>BALANÇO DE EMISSÕES NACIONAIS</b>	<b>59954</b>	<b>87964</b>	<b>85576</b>	<b>84020</b>	<b>2%</b>
<b>Alteração de usos do solo e Florestas</b>				<b>-2388</b>	
<b>Desflorestação (Artº 3.7)</b>	<b>974</b>				
<b>Artº 3.3 (FRD)</b>					
Desflorestação			-3355	-3355	
Florestação/reflorestação			388	388	
Florestação/reflorestação			-3743	-3743	
<b>Artº 3.4</b>					
Gestão Florestal				-800	
Gestão Agrícola   Gestão de Pastagens				-500	
<b>BALANÇO LÍQUIDO DE EMISSÕES</b>	<b>60927</b>	<b>84608</b>	<b>80920</b>	<b>79364</b>	

Relativamente às novas metas 2007, o quadro 2.2 apresenta o balanço líquido de emissões mostrando a sua contribuição para os sectores de oferta da energia e dos transportes. Dos 3 cenários ensaiados para a taxa de penetração dos biocombustíveis no período 2008 a 2012, seleccionou-se o cenário que resulta numa eficácia ambiental intermédia (Cenário 1), que considera uma contribuição de 5,75 % nos anos 2008 e 2009, e de 10 % nos restantes anos do período de cumprimento. Relativamente às novas metas 2007 induzem uma redução de emissões de GEE de 1,556 Mt CO<sub>2</sub>e/ano (0,901 Mt CO<sub>2</sub>e/ano associados ao sector da oferta da energia e 0,655 Mt CO<sub>2</sub>e/ano associados ao sector dos transportes) (PCM, 2008).

### 2.3.1.2 PLANO NACIONAL DE ATRIBUIÇÃO DE LICENÇAS DE EMISSÃO

O primeiro PNALE, designado por PNALE I (período 2005-2007), foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 53/2005, de 3 de Março e PNALE II (período 2008-2012 coincidente ao período de cumprimento do Protocolo de Quioto) foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 1/2008, de 4 de Janeiro (APA, 2009a).

O PNALE é aplicável a um conjunto de instalações fortemente emissoras de GEE, e como tal incluídas no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), que atribui um montante fixo de licenças de emissão as essas instalações. O PNALE é responsável pela atribuição das referidas licenças, que determina o montante total de licenças a atribuir, assim como o método de atribuição, o qual posteriormente servirá de base para o cálculo de licenças referente a cada instalação (PCM, 2008). Os sectores abrangidos pelo CELE são: produção de energia, refinação, fornos de coque, cimento, cal, pasta e papel, cerâmica, vidro e produção e transformação de metais não ferrosos. As instalações, para efeitos do cumprimento das metas estabelecidas, poderão adquirir Certificados de Redução de Emissões e Unidades de Redução de Emissões, provenientes dos mecanismos de Quioto, até 10% das licenças de emissão que lhes forem atribuídas para o período em referência (ENDS, 2008).

Para o período 2008-2012, o montante global de licenças de emissão anual a atribuir às instalações é de 34,81 Mt CO<sub>2</sub> eq, sendo que deste montante uma parte (30,5 Mt CO<sub>2</sub> eq) pertence às instalações existentes. A restante parte (4,3 Mt CO<sub>2</sub> eq) fica destinada à constituição de uma reserva para novas instalações (PCM, 2008).

### 2.3.1.3 FUNDO PORTUGUÊS DO CARBONO

O Fundo Português do Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei nº71/2006, é um instrumento financeiro do Estado Português, cujo objectivo é o financiamento de medidas que facilitem o cumprimento dos compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto para as alterações climáticas. O FPC desenvolve a sua actividade através da obtenção de créditos de emissão de GEE, a preços competitivos, através do investimento directo em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto (CELE, projectos de IC e de MDL) e em fundos geridos por

terceiros ou outros instrumentos do mercado de carbono. Ainda apoia projectos realizados em Portugal, que conduzam a uma redução de emissão de GEE, nomeadamente nas áreas de eficiência energética, energias renováveis, sumidouros de carbono, captação e sequestração geológica de CO<sub>2</sub>, e promove também a participação de entidades públicas e privadas nos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto (MAOTDR, 2006).

A gestão do FPC é da responsabilidade do Comité Executivo da CAC, na vertente técnica, e da Direcção Geral do Tesouro na vertente financeira (MAOTDR, 2006). Relativamente aos recursos financeiros do FPC, esses provêm das dotações do Orçamento do Estado decretadas no PNAC 2006 (ENDS, 2008). Assim com a aprovação do PNAC 2006, foi estabelecido o valor mínimo de 348 milhões de euros da dotação que o Orçamento do Estado transferirá anualmente para o FPC no período de 2007 a 2012, de modo a garantir o investimento em mecanismos de flexibilidade de Quioto (MAOTDR, 2009).

### 2.3.2 ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA

Os recursos energéticos em Portugal são bastantes escassos, sobretudo aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás). Essa situação de escassez resulta numa elevada dependência energética do exterior (82,9% em 2007), especialmente das importações de fontes primárias de origem fóssil, o que torna fundamental o aumento da contribuição das energias renováveis: hídrica, eólica, solar, geotérmica, biogás e lenhas e resíduos. O Governo Português definiu linhas estratégicas para o sector da energia, constituindo a Estratégia Nacional para a Energia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 (de 24 de Outubro), como forma de reduzir a forte dependência externa e as emissões de CO<sub>2</sub>, e de aumentar a eficiência energética, qualidade do serviço e incentivo de uma maior concorrência no sector energético (DGEG, 2010). A 18 de Março de 2010, foi aprovada pela PCM, a nova Estratégia Nacional para Energia com um horizonte de 2020 (ENE 2020). A ENE 2020, que adapta e actualiza a anterior estratégia, tem como base cinco eixos principais: 1) competitividade, crescimento e independência energética e financeira; 2) aposta nas energias renováveis; 3) promoção da eficiência energética; 4) garantia da segurança de abastecimento; 5) promoção da sustentabilidade económica e ambiental (PCM, 2010). Relativamente às metas a serem alcançadas, a ENE 2020 estabeleceu seis objectivos para o período de 2010-2020 (ENE, 2010):

1. Reduzir a dependência energética de Portugal para 74% em 2020, produzindo o equivalente a 31% da energia final a partir de recursos endógenos;
2. Cumprir os acordos assumidos por Portugal relativos ao combate às alterações climáticas, de forma que em 2020 60% da electricidade produzida tenha origem em fontes renováveis e o consumo de energia final seja reduzido em 20%;

3. Reduzir em 25% a importação energética através da produção nacional de energia, gerando uma redução de importações de 2.000 milhões de euros anuais até 2020;
4. Consolidar as energias renováveis em Portugal, de modo a assegurar 3.800 Milhões de euros de Valor Acrescentado Bruto e criar mais de 100 mil postos de trabalho em 2020;
5. Assegurar a criação de 21 mil postos de trabalho, gerar um investimento previsível de 13 Milhões de euros até 2020 e proporcionar exportações adicionais de 400 Milhões de euros, através do contínuo desenvolvimento do agregado industrial associado à promoção da eficiência energética;
6. Criar condições para o cumprimento das metas de redução de emissões adoptadas por Portugal no quadro Europeu, através da promoção do desenvolvimento sustentável.

Na sequência da aprovação da primeira ENE, a Resolução do Conselho de Ministros aprovou, em 2008, o Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética (PNAEE) com um horizonte até 2015 (PCM, 2008a). A ENE 2020 prevê a revisão do PNAEE, com o objectivo de introduzir novas medidas e reforçar as existentes de forma a alargar o horizonte temporal do programa considerando as metas europeias de eficiência energética para o ano de 2020 (ENE, 2010).

### 2.3.2.1 PLANO NACIONAL DE ACÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com PCM (2008a), o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) – Portugal 2015, trata-se de um plano de acção constituído por um conjunto de programas e medidas de eficiência energética, com objectivos a alcançar até 2015.

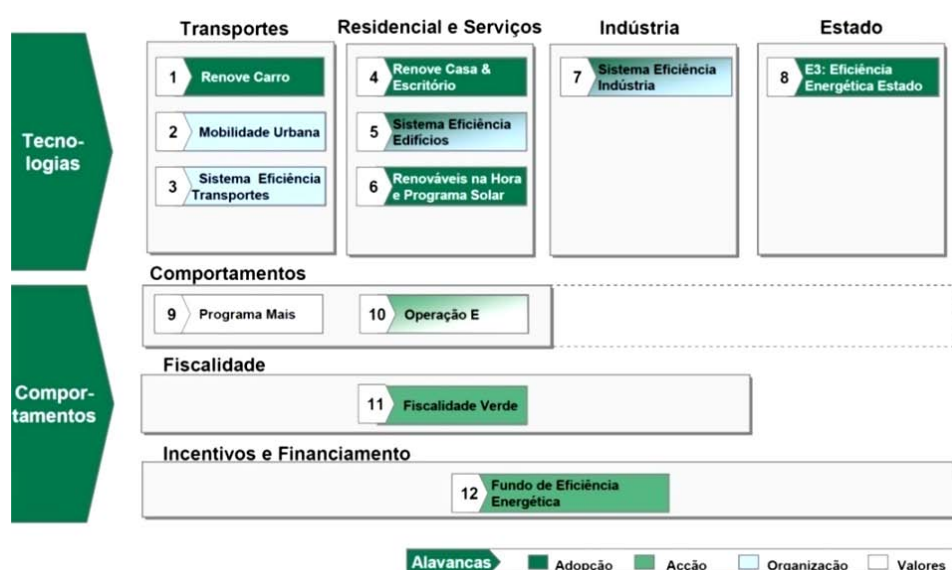


Figura 2.14 - Divisão do PNAEE (PNAEE, 2008, p. 3)

O PNAEE está dividido em duas vertentes, Tecnologias e Comportamentos (figura 2.14). A vertente das Tecnologias é constituída por quatro áreas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado. Relativamente à vertente dos Comportamentos, esta está dividida em três áreas: Comportamentos, Fiscalidade, Incentivos e Financiamentos. Cada área é composta por um conjunto de programas, que inteiram de uma forma coesa as diversas opções de medidas de eficiência energética (PCM, 2008a).

A área dos Transportes é constituída por três programas: Programa Renove Carro, Programa Mobilidade Urbana e Sistema de Eficiência Energética Transportes. Segundo o PNAEE (2008) os objectivos a serem atingidos por esses programas são os seguintes:

- Redução de 20% do estacionamento de veículos ligeiros com mais de 10 anos;
- Redução de mais de 20% das emissões médias de CO<sub>2</sub> dos veículos novos vendidos anualmente;
- Aumento de 20% do parque automóvel com equipamentos de monitorização;
- Desenvolvimento de plataforma inovadora de gestão de tráfego com rotas optimizadas por GPS;
- Desenvolvimento de planos de mobilidade urbana para capitais de distrito e centros empresariais com mais de 500 trabalhadores;
- Substituição modal de 5% do transporte individual para colectivo;
- Transferência de 20% do comércio internacional de mercadorias realizadas através do modo rodoviário para o modo marítimo.

A área de Residencial e serviços é composta por três programas de eficiência energética: Renove Casa e Escritório, Sistema Eficiência Edifícios, Renováveis na Hora e Programa Solar. Esta área tem como meta os seguintes objectivos (PNAEE, 2008):

- Programa de incentivo à reabilitação urbana sustentável, cujo objectivo consiste em ter 1 em cada 15 lares com classe energética optimizada (superior ou igual a B-);
- Programa de renovação de um milhão de grandes electrodomésticos;
- Substituição de cinco milhões de lâmpadas por CFL (Lâmpada Fluorescente Compacta);
- Benefícios no licenciamento à construção eficiente;
- Setenta e cinco mil lares electroprodutores;
- Um em cada quinze edifícios com Água Quente Solar.

A área Indústria é cingida por um único programa denominado de Sistemas de Eficiência Energética na Indústria que tem como meta dois objectivos (PNAEE, 2008):

- Um acordo com a indústria transformadora com o fim de reduzir em 8% o consumo energético;

- O desenvolvimento do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia com extensão às médias empresas.

A área Estado é abrangida por um programa denominado de Eficiência Energética no Estado, com os seguintes objectivos a atingir (PNAEE, 2008):

- Certificação energética de todos os edifícios do Estado;
- 20% dos edifícios do Estado com classe igual ou superior a B-;
- 20% da frota de veículos do Estado com emissões de CO<sub>2</sub> inferiores a 110 g/km;
- Phase-out da iluminação pública ineficiente;
- 20% da semaforização de trânsito com iluminação eficiente (LED).

A área Comportamentos agrupa dois programas, Programa Mais e Operação E que tem como objectivos (PNAEE, 2008):

- O lançamento do “Prémio Mais Eficiência” que consiste na premiação da excelência ao nível das várias vertentes (ex. empresas, edifícios, escolas, entre outros);
- Conceito “Mais Eficiência Energética”: “selo”/credenciação para identificar boas práticas em cinco vertentes (Casa, Autarquia, Empresa, Escola e Equipamentos);
- Campanhas de comunicação e sensibilização (até dois milhões de euros/ano) de modo a aumentar a consciencialização das pessoas para a eficiência energética e mudança de comportamentos.

Relativamente à área da Fiscalidade, esta é constituída por um único programa que tem como objectivos (PNAEE, 2008):

- A criação de um novo regime de tributação automóvel e fiscalidade sobre os combustíveis industriais;
- Regime de amortizações aceleradas para equipamentos e viaturas eficientes;
- Incentivos fiscais à micro-produção e alinhamento progressivo da fiscalidade com o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (ex. benefício em IRS a habitações classe A/A+).

Por último, a área de Incentivos e Financiamento é composta por um programa designado de Fundo de Eficiência Energética que tem como meta quatro objectivos (PNAEE, 2008):

- Incentivo à eficiência no consumo eléctrico - atribuição de prémios aos clientes de menor consumo;
- Cheque eficiência: atribuição de prémio equivalente a 10% ou 20% dos gastos em electricidade durante 2 anos em caso de redução verificada de 10% ou 20% do consumo de electricidade;
- Crédito bonificado: €250M/ano para investimentos em eficiência (enfoque reabilitação urbana);

- Dinamização de Empresas de Serviços de Energia através de incentivos à sua criação (QREN), concursos para auditorias no Estado e regulamentação do “Contrato Eficiência”.

## 2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

No sector da construção, algumas organizações sem fundos lucrativos vêm implementando medidas de forma a reduzir o consumo de energia e as emissões de GEE, como é o caso da USGBC (U. S. Green Building Council) e da Architecture 2030.

### 2.4.1 U. S. GREEN BUILDING COUNCIL

A USGBC, fundada em 1993, é uma organização sem fundos lucrativos constituída por mais de 18 mil empresas e organizações que representam toda a indústria da construção. Com base em pesquisas realizadas acerca de sistemas de certificação de edifícios verdes, a USGBC criou um sistema próprio designado de LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que avalia os novos edifícios e grandes obras de remodelação, (LEED v3 versão implementada em 2009), em 7 categorias: 1) Local Sustentável; 2) Eficiência no uso da água; 3) Energia e Atmosfera; 4) Materiais e Recursos; 5) Qualidade Ambiental interna; 6) Inovação no Design; 7) Prioridade Regional.

Relativamente ao sistema de pontuação o LEED possui 4 níveis (LEED, 2009):

- LEED Certified, com pontuações entre 40-49;
- LEED Silver, 50-59;
- LEED Gold, 60-79;
- LEED Platinum, 80 (nível mais alto).

Em relação às habitações o sistema de certificação é diferente, sendo as habitações avaliadas segundo 8 categorias: 1) Inovação e Design; 2) Localização e Ligação; 3) Local Sustentável; 4) Eficiência no uso da água; 5) Energia e Atmosfera; 6) Materiais e Recursos; 7) Qualidade Ambiental interna 8) Consciencialização e Educação.

No que se refere ao sistema de pontuação também é estruturado em 4 níveis variando no total de pontuações e na distribuição (LEED, 2010):

- LEED Certified, 45-59;
- LEED Silver, 60-74;
- LEED Gold, 75-89;
- LEED Platinum, 90-136.

## 2.4.2 ARCHITECTURE 2030

Architecture 2030 é uma organização sem fins lucrativos, não-partidária e independente, criada pelo arquitecto Edward Mazria em 2002 como resposta à crise do aquecimento global, cuja missão é transformar rapidamente os Estados Unidos e o Sector da Construção global (maiores contribuidores das emissões dos GEE) em parte central da solução para a crise do aquecimento global. O objectivo principal é conseguir uma drástica redução nas emissões de GEE do sector da construção, alterando a forma como os edifícios são projectados e construídos (A2030, 2009).

De forma a alcançar esse objectivo a Architecture 2030 lançou o Desafio 2030 apelando à arquitectura global e à comunidade construtora a adoptar três metas, que poderão ser atingidos através da aplicação de estratégias inovadoras de design sustentável, geração on-site de energias renováveis e/ou compra (20% no máximo) de energias renováveis e/ou certificados de créditos de energias renováveis (A2030, 2010):

- Todos os novos edifícios, empreendimentos e grandes obras deverão ser concebidos de forma a irem de encontro a um desempenho padrão de 50% da média regional (ou nacional) para o tipo de construção correspondente, relativamente aos combustíveis fósseis, emissões de GEE e consumos de energia;
- Uma quantidade existente de, maior ou igual, área edificada deverá ser remodelada anualmente de modo a garantir um desempenho padrão de 50% da média regional (ou nacional) para o tipo de construção correspondente, relativamente aos combustíveis fósseis, às emissões de GEE e consumos de energia;
- Os parâmetros de redução dos combustíveis fósseis, aplicado a todos os novos edifícios e grandes obras de remodelação, deverá ser aumentado para:
  - 60% em 2010
  - 70% em 2015
  - 80% em 2020
  - 90% em 2025
  - carbono-zero em 2030 (a não utilização de combustíveis fósseis que emitem os GEE).

## 2.5 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentados dados sobre as Alterações Climáticas, relativamente às suas possíveis causas, impactos, sua relação com o sector dos edifícios e a crucial importância da adaptação. Os edifícios poderão ser alvos de impactos tais como o sobreaquecimento,

inundações, tempestades, tornando a adaptação um factor importante a ter em consideração na sua concepção, de forma a garantir a segurança dos seus ocupantes. Essa adaptação deverá ser baseada em técnicas que não contribuam para o aumento das emissões dos GEE, de forma a não agravar o cenário das alterações climáticas.

As medidas desenvolvidas pela USGBC e Architecture 2030 têm, como meta comum, a redução do consumo energético dos edifícios e por conseguinte, a redução das emissões dos GEE. Com essas iniciativas, as probabilidades de reduzir o impacto que a Arquitectura têm sobre as alterações climáticas são maiores. Por outro lado, uma melhoria no cenário das alterações climáticas significa uma redução nos impactos que a mesma tem na arquitectura.



## CAPÍTULO III

# HOMEOSTASE

3. HOMEOSTASE .....	35
3.1 ORIGEM E DEFINIÇÃO .....	35
3.1.1 Meio interno e Meio Externo .....	36
3.1.2 Sistemas de Controlo homeostático e seus componentes .....	37
3.1.2.1 Feedback negativo .....	37
3.1.2.2 Feedback Positivo .....	39
3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SISTEMAS DE CONTROLO .....	39
3.3 ALGUNS ASPECTOS DA HOMEOSTASE .....	39
3.3.1 Sistema Nervoso Autónomo - O papel do Hipotálamo .....	39
3.3.2 Regulação da Temperatura .....	40
3.3.3 Equilíbrio Energético .....	41
3.3.4 Concentração do Oxigénio e do Dióxido de Carbono .....	42
3.3.5 Difusão de Líquidos .....	42
3.4 CONCLUSÃO .....	43

## 3. HOMEOSTASE

Neste capítulo será apresentada a definição e origem do termo homeostase, a sua importância no corpo humano e os principais aspectos do seu funcionamento. Caracterizam-se os mecanismos da homeostase, assim como os sistemas que mantêm constante o meio interno do corpo humano.

### 3.1 ORIGEM E DEFINIÇÃO

O corpo humano funciona devido à sua capacidade de manter um ambiente interno constante, o qual foi observado pela primeira vez pelo fisiologista Francês Claude Bernard (1813-78), que verificou que “a constância do meio interno é a condição para uma vida livre e independente” (Watson e Fawcett, 2003). Mais tarde, em 1929, Walter Bradford Cannon (fisiólogo americano) desenvolveu o conceito de *homeostase* ou *homeostasia*, a partir da anterior ideia de Claude Bernard sobre o *meio interno*, o qual foi publicado num artigo em “Physiological Reviews” sob o título “Organization for Physiological Homeostasis” (Cannon, 1932). Desde então, o termo é utilizado por fisiólogos para designar a manutenção de condições quase constantes no meio interno (Guyton e Hall, 2006).

O termo homeostase é de origem grega, sendo que *hómoios* = semelhante, *stasis* = situação (DILP, 2010). Cannon no seu livro “The Wisdom of the Body” (1932) afirmou que a palavra homeostase não implica algo conjunto e imóvel, uma estagnação, mas sim uma condição que pode variar, porém que é relativamente constante. Assim, tentou descrever as características gerais da homeostase através de quatro teorias:

- 1- Num sistema aberto (tal como os nossos corpos representam), a constância é prova de que os mecanismos estão agindo de modo a manterem essa constância;
- 2- O estado de equilíbrio requer que qualquer propensão para mudança automaticamente se reúna com factores que resistam à mudança;
- 3- O sistema de regulação que determina o estado homeostático, é constituído por um conjunto de mecanismos, que colaboram e actuam simultaneamente ou sucessivamente;
- 4- A homeostase não acontece por acaso, e sim como resultado de um sistema auto-organizado.

Com a homeostase, segundo Cannon, as funções do sistema nervoso responsáveis pela adaptação do organismo a novas situações, ficam isentas da constante gestão dos processos essenciais à simples existência biológica.

### 3.1.1 MEIO INTERNO E MEIO EXTERNO

A célula é a unidade funcional básica do corpo humano, contida no líquido extracelular o qual é designado de “meio interno”. De forma contínua, o líquido que forma o meio interno é misturado em todo o corpo através da acção do coração que bombeia o sangue pelo sistema circulatório e através da difusão de líquido que permite trocas entre a parte do líquido extracelular do sangue, chamada de plasma, e a parte desse mesmo líquido que preenche os espaços entre as células dos tecidos, chamada de líquido intersticial (Guyton, 1988).

A função da maior parte dos órgãos constituintes do corpo é de manter constante as condições do meio interno, ou seja, manter a homeostase (Guyton, 1988). Esse objectivo é alcançado com o trabalho em conjunto dos órgãos e não de forma independente (figura 3.1) (Marieb e Hoehn, 2007).

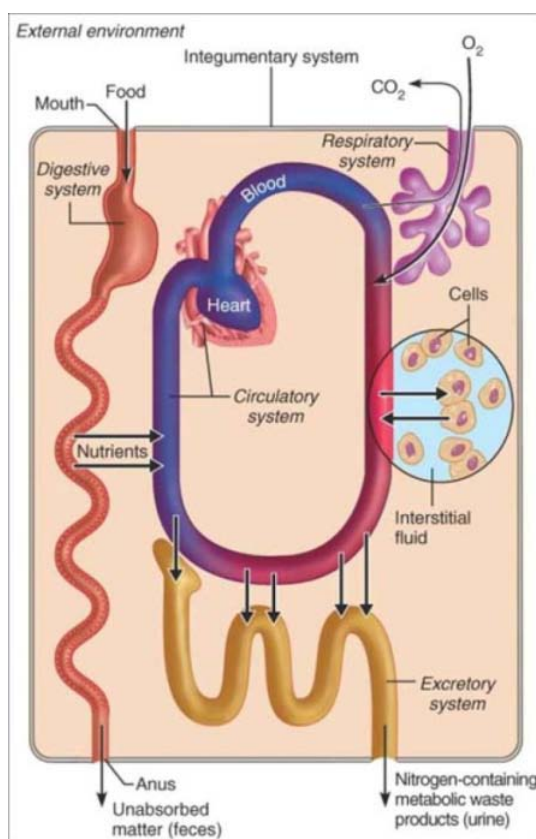


Figura 3.1 - Relação entre o meio interno e externo (Marieb e Hoehn , 2007 , p.5).

Todo organismo vivo deve manter os seus limites para que o meio interno se mantenha distinto do meio externo. O corpo humano como um todo é fechado e protegido pela pele, que protege os órgãos internos da exposição ao meio externo que poderia ser fatal devido mudança brusca, bactérias, calor, luz solar e da enorme quantidade de químicos existentes no meio externo (Marieb e Hoehn, 2007).

### 3.1.2 SISTEMAS DE CONTROLO HOMEOSTÁTICO E SEUS COMPONENTES

Segundo Marieb e Hoehn (2007) os sistemas de controlo homeostático, independentemente da *variável* a ser regulada, possuem pelo menos três componentes interdependentes: *Receptor*, *Centro de Controlo* e *Executor*. O primeiro componente, o receptor, é um tipo de sensor que monitora o ambiente e responde às mudanças, chamadas de estímulos, através do envio de informações (entrada) para o segundo componente, o centro de controlo. O centro de controlo, por sua vez, determina o conjunto de pontos (o nível ou escala em que uma variável deve ser mantida), analisa a entrada que recebe e, em seguida, determina a resposta apropriada ou curso de acção. O terceiro componente, o executor, fornece os meios para uma resposta do centro de controlo (saída) ao estímulo.

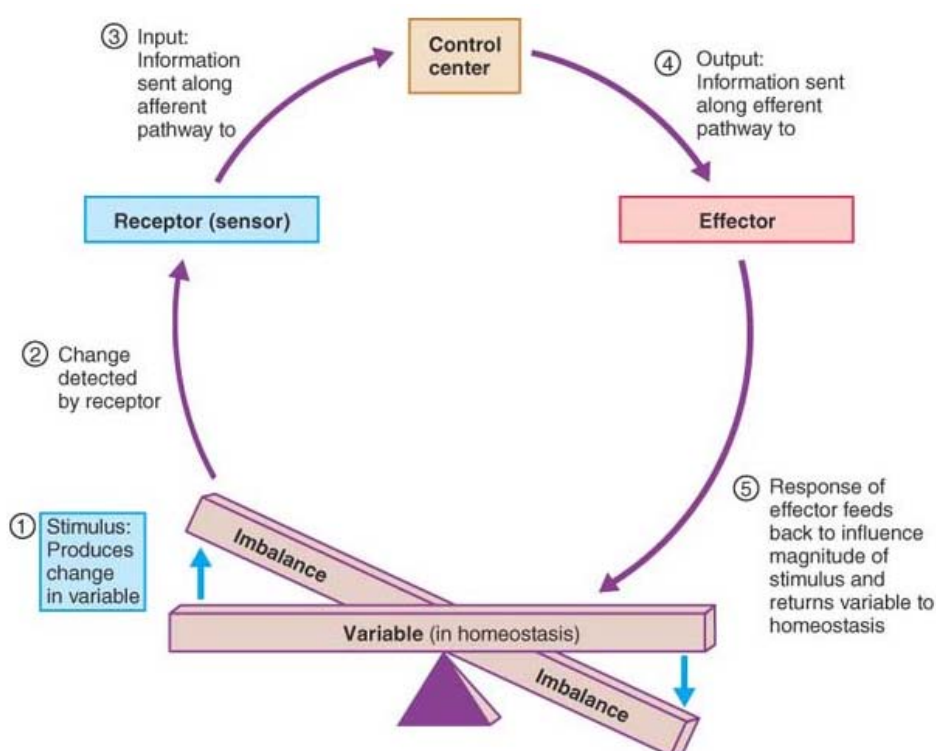


Figura 3.2 - Mecanismos de controlo homeostáticos (Marieb e Hoehn, 2007, p.9).

#### 3.1.2.1 FEEDBACK NEGATIVO

Segundo Marieb e Hoehn (2007), a maioria dos sistemas de controlo homeostático são sistemas de feedback negativo, em que a saída desliga o estímulo original ou reduz a sua intensidade, fazendo com que a variável mude para uma direcção oposta ao do início da mudança, retornando ao seu valor "ideal".

Para Widmaier, Raff e Strang (2004) um exemplo de feedback negativo é a regulação da temperatura corporal. O exemplo por eles apresentado tem como objecto de estudo um

indivíduo levemente vestido, em estado de repouso numa sala a temperatura de 20°C. A temperatura interna do indivíduo é de 37°C, mas por estar num ambiente com temperatura inferior ele começa a perder calor para o exterior. No entanto, a essa temperatura a quantidade de calor produzida é igual à quantidade perdida o que leva o corpo a ficar num estado estacionário, que é quando a variável fica constante mas há um fluxo de energia que é adicionado constantemente ao sistema de forma a manter essa constância. Esse estado estacionário em que o corpo do indivíduo se encontra é o *ponto de regulação* da temperatura. Mas alterando a temperatura do espaço em que o indivíduo se encontra para 5°C, a perda calor aumenta significativamente perturbando o equilíbrio dinâmico entre ganho e perda de calor. De forma a limitar essa primeira resposta do corpo, uma serie de mecanismos homeostáticos são desencadeados. A primeira resposta homeostática é a constrição dos vasos sanguíneos reduzindo assim a intensidade do fluxo de sangue quente próximo da pele que, por sua vez, reduz a quantidade de calor perdido pela pele. Contudo esse mecanismo, a uma temperatura de 5° C, não é suficiente para eliminar a perda de calor pela pele.

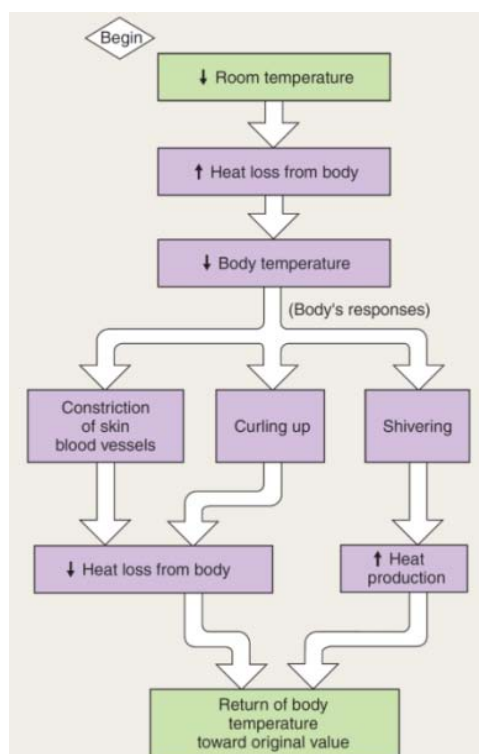


Figura 3.3 - Exemplo de Feedback Negativo - Regulação da temperatura corporal (Widmaier, Raff e Strang, 2004, p.8)

Então como segunda resposta homeostática, o indivíduo encolhe-se de forma a reduzir a área de perda de calor da superfície da pele, o que ajuda um pouco mas é insuficiente. Como instinto, ele sente a necessidade de colocar alguma peça de roupa porém por esta não estar disponível, ocorre a terceira resposta homeostática que é o tremor. O tremor produz grandes quantidades de calor que, possibilita a recuperação do equilíbrio de entrada e saída de calor (figura 3.3).

### 3.1.2.2 FEEDBACK POSITIVO

Ao contrário do feedback negativo, o feedback positivo é menos comum na natureza (Widmaier, Raff e Strang, 2004). Nos mecanismos de feedback positivo a resposta aumenta o estímulo original, de modo que a actividade de produção é acelerada, fazendo com que a variável se desvie cada vez mais do seu valor inicial (Marieb e Hoehn, 2007).

## 3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SISTEMAS DE CONTROLO

Segundo Widmaier, Raff e Strang (2004), os sistemas de controlo homeostático possuem algumas características gerais tais como:

- A estabilidade de uma variável interna é alcançada através do equilíbrio entre entradas e saídas - a quantidade de entrada e saída não é relevante mas sim o equilíbrio entre ambas;
- Nos sistemas de feedback negativo, uma mudança numa variável a ser regulada desencadeia respostas que tendem a mover a variável no sentido oposto ao do início da mudança, por outras palavras, de volta para o valor inicial ou valor (ponto de regulação);
- Dependendo das condições do exterior, qualquer variável regulada terá uma faixa mais ou menos estreita de valores normais, isto porque os sistemas de controlo homeostático não conseguem manter a constância absoluta de qualquer variável;
- Nos sistemas de controlo homeostático, o ponto de regulação de algumas variáveis pode ser reajustado (aumento ou diminuição);
- Em resposta a certos desafios ambientais, nem sempre os sistemas de controlo homeostático conseguem manter tudo relativamente constante. Existe uma hierarquia de importância no controlo das variáveis, de forma que algumas variáveis podem ser significativamente alteradas para que outras possam ficar a níveis relativamente estáveis.

## 3.3 ALGUNS ASPECTOS DA HOMEOSTASE

### 3.3.1 SISTEMA NERVOSO AUTÓNOMO - O PAPEL DO HIPOTÁLAMO

O controlo das funções internas do corpo humano é realizado pelo sistema nervoso autónomo que, é dividido em dois componentes distintos: 1. Sistema Nervoso Simpático; 2. Sistema Nervoso Parassimpático, ambos estimulados por múltiplos centros cerebrais localizados principalmente, no Hipotálamo e Tronco cerebral (Guyton, 1988).

O hipotálamo é a parte do encéfalo mais importante para o controlo das funções vegetativas do corpo, e é constituído por vários núcleos distintos que exercem algumas das seguintes funções reguladoras (Guyton. 1988):

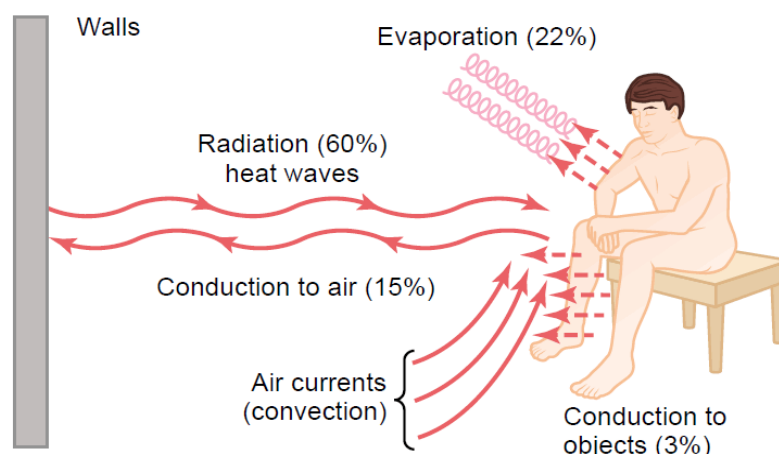
- Regulação do sistema cardiovascular - nomeadamente a frequência cardíaca e a pressão arterial;
- Regulação da temperatura corporal - através do controlo da a)perda de calor pelo corpo através da vasoconstricção; b)perda de calor pelo corpo através da sudorese; c) intensidade da produção de calor pelos tecidos através do controlo do metabolismo celular;
- Regulação da alimentação - através da activação do centro de fome no hipotálamo, pela deficiência das reservas de nutrientes no organismo;
- Regulação da água corporal - através do controlo da sede, mecanismo de ingestão de água e da retenção de água pelos rins;
- Controlo da excitação e da raiva;
- Controlo de quase todas as hormonas pituitárias.

### 3.3.2 REGULAÇÃO DA TEMPERATURA

A regulação da temperatura no corpo humano é feita através do equilíbrio entre a “intensidade da perda de calor” e a “intensidade da produção de calor”. Existem três meios pelos quais há perda de calor pela superfície da pele (figura 3.4) (Guyton e Hall, 2006):

- Radiação - através de raios infravermelhos de calor que são irradiados em todas as direcções, tanto do corpo para os objectos próximos como dos objectos para o corpo, porém em condições normais o corpo humano irradia mais calor do que recebe;
- Condução - através da condução de calor para o ar (se a temperatura do ar for inferior à do corpo), que só ocorre quando o ar aquecido se afasta da pele dando lugar ao ar não aquecido. Esse fenómeno chama-se de “convecção do ar” e quando ocorre é comumente denominado de perda de calor por convecção;
- Evaporação - que ocorre quando a temperatura ambiente é superior à temperatura corporal. Quando isso acontece o corpo passa a ganhar calor tanto da radiação como da condução, passando a evaporação a ser o único mecanismo pelo qual o corpo consegue perder calor.

A intensidade de calor, tanto da perda como da produção, é controlada pelos centros nervosos no “hipotálamo” denominados de “termóstato hipotalâmico”. Em situações em que a temperatura corporal atinge níveis superiores à temperatura normal de 37° C, a intensidade da produção de calor passa a ser menor que a intensidade da perda (Guyton, 1988).



**Figura 3.4** - Mecanismos de perda de calor do corpo humano - Radiação, Condução/Convecção e Evaporação (Guyton e Hall, 2006, p.891)

A perda de calor é regulada pelo controle do fluxo sanguíneo e pelo controle da sudorese. O fluxo sanguíneo na pele controla a intensidade com que o calor é transferido da parte central para a parte superficial do corpo. Essa ação é realizada através da vasoconstrição, processo de contração dos vasos sanguíneos de forma a reduzir a perda de calor para o exterior, e vasodilatação, processo de dilatação dos vasos sanguíneos de forma a aumentar a perda de calor para o exterior. A sudorese controla a intensidade de evaporação pela pele, através da produção do suor pelas glândulas sudoríparas, desencadeando o mecanismo de refrigeração que pode reduzir a temperatura corporal.

Relativamente à produção de calor a regulação é feita através da estimulação simpática, aumento do tônus muscular e produção de calafrios e pelo controle da secreção da hormona da tiróide. A estimulação simpática em todo o corpo tem como resultado o aumento do metabolismo celular que por sua vez faz aumentar a temperatura corporal. O aumento do tônus muscular e a "pilo ereção" (quando os pelos corporais ficam eriçados), resulta numa intensidade elevada de produção de calor pelos músculos e por longos períodos de tempo. O tremor muscular contínuo pode aumentar a intensidade de produção de calor em 300 a 400%. O processo de "pilo ereção" ou de calafrios, retém quantidades de ar na zona adjacente ao corpo, produzindo um maior isolamento contra o frio, porém esse mecanismo é mais eficaz em animais inferiores. E por último o aumento da secreção da hormona da tiróide, que tem como consequência um aumento, de até 20 a 30%, na intensidade da produção de calor (Guyton, 1988).

### 3.3.3 EQUILÍBRIO ENERGÉTICO

Quando se queima combustível, há consumo oxigénio e libertação de calor. O mesmo acontece com o corpo humano quando se "queima" o combustível dos alimentos, ou seja, quando os nutrientes provenientes dos alimentos são absorvidos pelas células. Tendo em consideração que a energia não se cria nem se destrói, e sim se transforma, então a energia

libertada pelos alimentos deverá ser proporcional com o total de energia produzida, o que resulta na seguinte fórmula:

$$\text{Consumo de Energia} = \text{Produção de energia} \\ (\text{Calor} + \text{Trabalho} + \text{Armazenamento de energia})$$

- Consumo de Energia - é a energia libertada durante a oxidação dos alimentos;
- Produção de Energia - inclui a) a energia perdida imediatamente em forma de calor, cerca de 60% do total; b) energia utilizada para a realização de trabalho; c) a energia armazenada em forma de gordura ou glicogénio.

Praticamente toda a energia derivada dos alimentos é convertida em calor. Toda actividade celular produz calor, porém as células não são capazes de utilizar essa energia para realizar trabalho no entanto o calor aquece os tecidos e o sangue e ajuda a manter a temperatura homeostática do corpo. A energia armazenada, apenas em períodos de crescimento e de depósito de gordura, tem peso na equação (Marieb e Hoehn, 2007).

### 3.3.4 CONCENTRAÇÃO DO OXIGÉNIO E DO DIÓXIDO DE CARBONO

A respiração tem como objectivo fornecer oxigénio para os tecidos do corpo humano e remover o dióxido de carbono, objectivo esse que é alcançado através de quatro funções principais (Guyton e Hall, 2006):

- Ventilação Pulmonar - cujo objectivo principal é renovar o ar nos pulmões nas áreas de trocas gasosas;
- Difusão do oxigénio e dióxido de carbono entre os alvéolos e o sangue - que é a difusão do oxigénio dos alvéolos (pequenos sacos de ar localizados nos pulmões) para o sangue pulmonar, e a difusão do dióxido de carbono no sentido oposto, ou seja, para fora do sangue pulmonar;
- Transporte do oxigénio e dióxido de carbono no sangue e nos fluidos corporais - onde o oxigénio (em combinação com hemoglobina) é transportado da corrente sanguínea para os capilares dos tecidos periféricos, enquanto o dióxido de carbono que entra nos tecidos capilares, é transportado de volta para os pulmões;
- Regulação e Ventilação - controlada pelo sistema nervoso que regula a taxa de ventilação alveolar às exigências do corpo, de forma haver alterações mínimas da pressão do oxigénio e do dióxido de carbono no sangue arterial.

### 3.3.5 DIFUSÃO DE LÍQUIDOS

A regulação dos fluidos corporais é essencial para a homeostase, sendo necessária a manutenção de um volume relativamente constante e de uma composição estável desses

fluidos. Os rins desempenham um papel importante nessa regulação, pois uma das suas funções é controlar o volume e a composição dos fluidos corporais. O equilíbrio entre a entrada e saída, de água e praticamente todos os electrolitos do corpo, é mantida na sua maioria pelos rins. Para as células, essa função reguladora dos rins é de extrema importância pois mantém o ambiente das células estável, necessárias para o desempenho das suas actividades. Dependendo das necessidades do corpo, os rins desempenham as suas principais funções através da filtração do plasma e da remoção de substâncias dessa filtração, expulsando as substâncias indesejáveis (pela urina) e retornando as substâncias necessárias de volta para o sangue (Guyton e Hall, 2006).

### 3.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentadas a definição e origem do termo *homeostase*, assim como os seus mecanismos e outros aspectos relevantes para o funcionamento do corpo humano.

Em síntese ficou definido que:

- A homeostase consiste na regulação do meio interno do corpo humano;
- Essa regulação é efectuada através do sistema de controlo homeostático que é composto por três componentes principais:
  - Receptor;
  - Centro de controlo;
  - Executor.
- Os sistemas homeostáticos são na sua maioria sistemas de feedback negativo;
- O hipotálamo é responsável pelo controlo das funções vegetativas do corpo humano;
- A regulação da temperatura corporal é alcançada através do equilíbrio entre a intensidade da perda e produção de calor, e esse equilíbrio é alcançado através da:
  - Radiação;
  - Condução/Convecção;
  - Evaporação.A perda de calor é regulada através do controlo do fluxo sanguíneo na pele;
- O equilíbrio energético do corpo humano é alcançado através do equilíbrio entre consumo de energia e produção de energia.
- A concentração de oxigénio e dióxido de carbono é controlada através da respiração;
- E por último a regulação dos fluidos corporais que é efectuada pelos rins através da filtração.

Os conceitos abordados neste capítulo serão aplicados à arquitectura no capítulo 4, e consequentemente na proposta que será apresentada no capítulo 6.

## CAPÍTULO IV

# CONCEITO DA HOMEOSTASE NA ARQUITECTURA

---

4.	CONCEITO DA HOMEOSTASE NA ARQUITECTURA .....	47
4.1	EQUILÍBRIO DINÂMICO .....	47
4.2	SISTEMAS ABERTOS .....	47
4.2.1	Máquina .....	48
4.2.2	Máquinas Homeostáticas .....	48
4.3	O CONCEITO DE MÁQUINA NA ARQUITECTURA .....	49
4.3.1	Máquina Homeostática de Habitar .....	49
4.4	EDIFÍCIO HOMEOSTÁTICO .....	49
4.4.1	Regulação do meio interno .....	50
4.4.2	Sistema de Controlo Homeostático .....	50
4.5	ANALOGIA: CORPO HUMANO - EDIFÍCIO .....	51
4.5.1	Sistema de Controlo Homeostático .....	52
4.5.2	Temperatura .....	52
4.5.3	Energia .....	52
4.5.4	Ventilação .....	53
4.5.5	Água .....	53
4.6	TECNOLOGIA .....	54
4.6.1	Tecnologias relevantes .....	54
4.6.1.1	“Leaf Veins” - Nervuras .....	54
4.6.1.2	Aerogel .....	54
4.6.1.3	Nanotecnologia aplicada aos painéis Fotovoltaicos .....	55
4.6.1.4	Materiais de Mudança de Fase .....	56
4.7	CONCLUSÃO .....	57

## 4. CONCEITO DA HOMEOSTASE NA ARQUITECTURA

*"We do not seek to imitate nature, but rather to find the principles she uses (Barry, 2009)".*

*Buckminster Fuller*

Com as alterações climáticas os edifícios e seus ocupantes poderão ser alvos de vários impactos atrás referidos no capítulo 2, tornando-se necessário adaptar os edifícios de forma a terem um bom desempenho nos possíveis cenários projectados para as alterações climáticas.

Por conseguinte, pretende-se com a aplicação do conceito da homeostase na arquitectura, alcançar ou possibilitar essa adaptação através da criação de uma arquitectura viva, adaptável como o corpo humano, capaz de manter um equilíbrio dinâmico no seu ambiente interno.

### 4.1 EQUILÍBRIO DINÂMICO

Os organismos vivos, para manter a homeostase, necessitam de fazer alterações constantemente, ou seja, necessitam de manter um equilíbrio dinâmico (Hallman, 2005).

O conceito de equilíbrio dinâmico designa-se pelo equilíbrio que se alcança num sistema aberto em que se mantém uma constante troca de matéria ou de energia e onde uma determinada acção é anulada por uma acção oposta (IED, 2009).

### 4.2 SISTEMAS ABERTOS

Karl Ludwig von Bertalanffy, biólogo austríaco, foi criador da teoria dos sistemas abertos que constitui a base do trabalho posteriormente publicado em 1968 - Teoria Geral dos Sistemas (IED, 2009). Bertalanffy (1973) definiu os sistemas abertos como sistemas onde existe interacção com o ambiente envolvente através de troca de matéria, pelos processos de importação e exportação, construção e destruição dos materiais que o constituem (figura 4.1). São sistemas que em certas situações tendem a alcançar um estado independente de tempo, denominado estado estável que à distância do verdadeiro equilíbrio é capaz de produzir trabalho, como acontece nos sistemas vivos. Segundo ele os sistemas abertos são sistemas auto-organizáveis e altamente adaptativos.

Bertalanffy descreveu o organismo como um sistema aberto em estado quase estável, em que as suas relações de massa são mantidas constante numa contínua transformação de componentes materiais e energia onde a matéria entra continuamente do exterior e sai para o exterior.

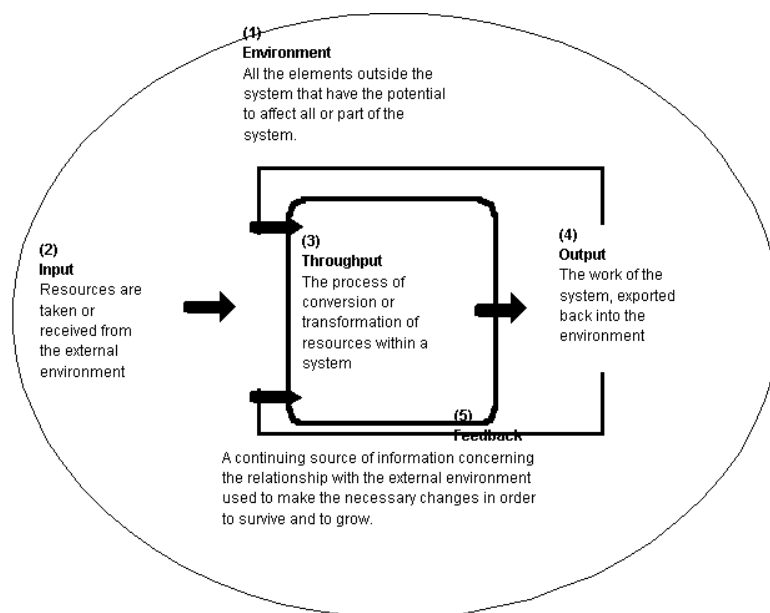


Figura 4.1- Esquema básico de um Sistema Aberto (IPD, 2010)

Para Humberto Maturana e Francisco Varela (1980), os organismos vivos são entidades autônomas capazes de reproduzirem a si próprios preservando a sua origem, processo esse denominado de autopoiese. Maturana e Varela (1980), com a teoria de autopoiese, classificaram os organismos vivos de máquinas autopoieticas que são máquinas homeostáticas, porém com uma característica peculiar que é a sua capacidade de auto-organização. Ou seja, uma máquina autopoietica é um sistema homeostático que possui a sua própria organização como variável fundamental a qual mantém constante.

#### 4.2.1 MÁQUINA

Para Maturana e Varela (1980), dizer que as máquinas são apenas sistemas concretos de hardware, definidas pela natureza de seus componentes e pelo desígnio que cumprem como criação humana, seria uma visão ingênua visto que não explica como elas são constituídas, ou seja, não explica a natureza da sua organização. A organização de uma máquina é constituída pelo conjunto de relações que definem a máquina como unidade, e sua estrutura é constituída pelo conjunto de relações actuais entre os componentes que integram uma máquina concreta num determinado espaço. Portanto, para Maturana e Varela a máquina é uma unidade num espaço físico, definido pela sua organização que conota uma visão não-animista, e cujo dinamismo é evidente (Maturana e Varela, 1980).

#### 4.2.2 MÁQUINAS HOMEOSTÁTICAS

Máquinas homeostáticas são máquinas capazes de manter constante, ou dentro de um intervalo limitado de valores, algumas das suas variáveis. São máquinas que possuem

mecanismos internos, com fronteiras definidas pela própria organização (Maturama e Varela, 1980).

### 4.3 O CONCEITO DE MÁQUINA NA ARQUITECTURA

Le Corbusier, em 1921, descreveu a casa como uma “máquina de habitar” ou uma ferramenta, de modo a lutar contra a antiga casa que era construída de forma incoerente fazendo mau uso do espaço (enumeras salas com espaços a mais ou a menos). Com base nesse conceito Le Corbusier projectou a casa “Citrohan” (analogia fonética à marca Citroën), uma casa como um automóvel pensada e planeada como um autocarro ou uma cabine de um navio (figura 3.6) (Le Corbusier, 2002).



Figura 4.2 - Casa em série "Citrohan", 1921 (Le Corbusier, 2002, p. 170).

Portanto, tendo em conta a teoria da casa como uma máquina de habitar, uma casa/edifício concebida(o) com os princípios de um Sistema de Controlo Homeostático seria uma “máquina homeostática de habitar”.

#### 4.3.1 MÁQUINA HOMEOSTÁTICA DE HABITAR

Como foi atrás definido, máquinas homeostáticas são máquinas com capacidade de manter constante, ou dentro de um intervalo limitado de valores, algumas das suas variáveis. Assim, uma *máquina homeostática de habitar* ou *Edifício Homeostático* tem como função manter constante as suas variáveis.

### 4.4 EDIFÍCIO HOMEOSTÁTICO

Com a problemática das alterações climáticas, um Edifício Homeostático tem como objectivo principal compreender as condições climáticas que possam influenciar o bem-estar dos seus ocupantes. A compreensão desses factores climáticos faz parte do processo de adaptação, o

qual verificou-se anteriormente tratar-se de um aspecto importante a ter em consideração devido aos cenários projectados das alterações climáticas para o próximo século.

Por outro lado, há a questão da diminuição das emissões dos GEE resultantes dos edifícios, tornando-se necessário a implementação de novas técnicas construtivas de forma a reduzir essas emissões.

Tendo em conta os aspectos da homeostase definidos no capítulo anterior, um edifício homeostático deverá ser capaz, através da regulação das suas variáveis, de manter constante o seu meio interno face às alterações do exterior.

#### 4.4.1 REGULAÇÃO DO MEIO INTERNO

A regulação do meio interno de um edifício homeostático, portanto, deve controlar quatro variáveis (figura 4.3):

- Temperatura;
- Energia;
- Ventilação;
- Água.

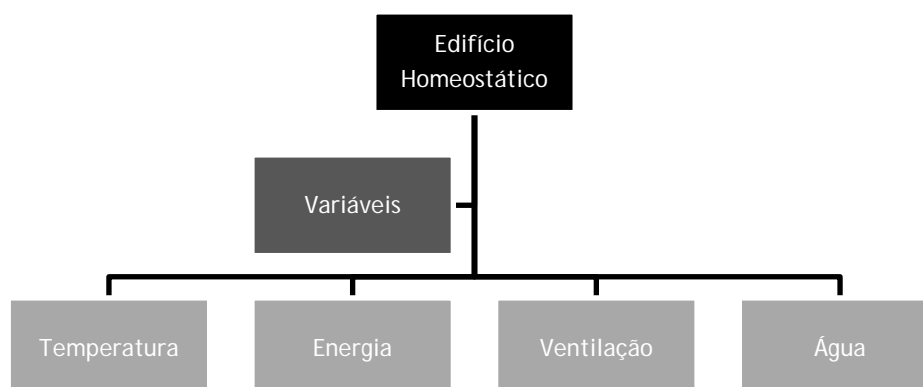


Figura 4.3 - Esquema da regulação do meio interno do edifício homeostático

#### 4.4.2 SISTEMA DE CONTROLO HOMEOSTÁTICO

Assim como o corpo humano possui um sistema homeostático constituído por um Centro de controlo, Receptor e Executor, a casa deverá possuir o mesmo sistema composto pelos mesmos componentes, de forma a controlar as alterações do ambiente interno do edifício. Com base na composição do sistema de controlo homeostático apresentado no capítulo 3 (figura 3.3 Marieb e Hoehn, 2007), a figura 4.4 representa o sistema de controlo homeostático

para o edifício homeostático. Portanto a regulação das variáveis será efectuada da seguinte forma:

- O sistema terá um valor ideal para a temperatura, ou seja, um ponto de regulação;
- Quando ocorrer mudanças na variável em questão, esse estímulo será detectado pelo receptor do sistema;
- O receptor após detectar o estímulo envia informações para o centro de controlo;
- Após a entrada de informações no centro de controlo, segue-se a saída de informações para o executor;
- O executor, por sua vez, responde retornando a variável à homeostase.

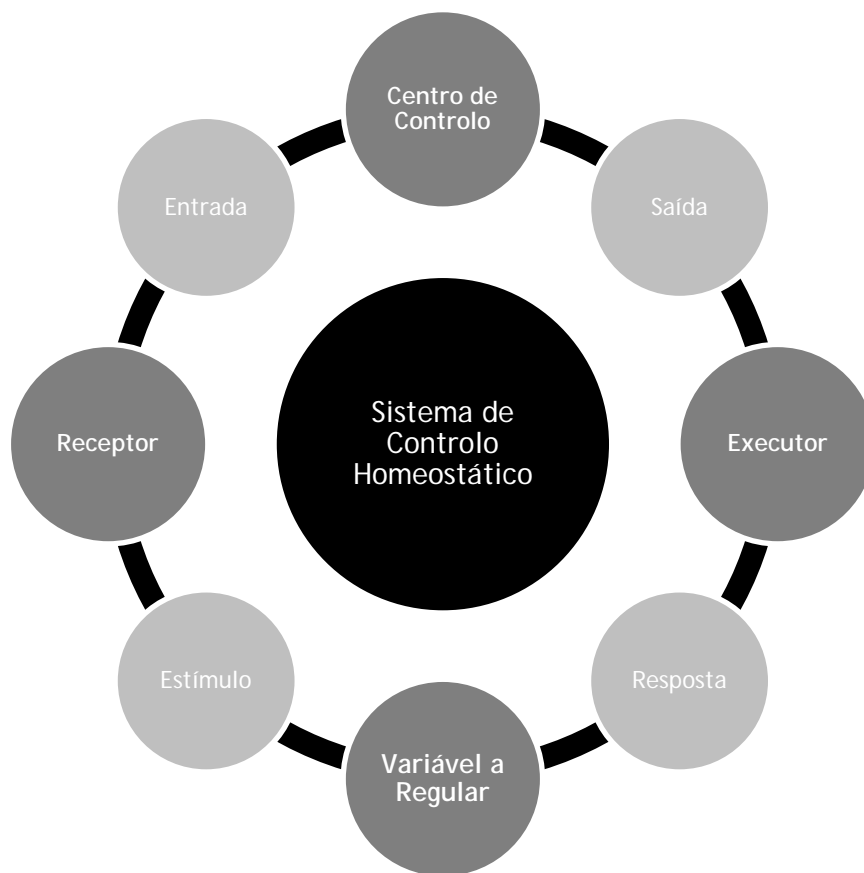


Figura 4.4 - Composição do Sistema de Controlo Homeostático (adaptado de Marieb e Hoehn, 2007)

## 4.5 ANALOGIA: CORPO HUMANO - EDIFÍCIO

A analogia estabelecida entre o corpo humano e o edifício, relativamente ao sistema de controlo homeostático e às quatro variáveis a serem controladas no edifício homeostático (temperatura, energia, ventilação e água), é feita com base nos conceitos fisiológicos de Guyton (1988) e na Tese de Doutoramento de Anabela Paiva (1995).

### 4.5.1 SISTEMA DE CONTROLO HOMEOSTÁTICO

Análise das funções do Sistema de Controlo Homeostático:

- O encéfalo é o centro do sistema nervoso;
- O hipotálamo é parte constituinte do encéfalo e tem como função controlar as funções vegetativas do corpo.
- Os nervos têm como função enviar informações para o hipotálamo.

Quadro 4.1 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Sistema de Controlo Homeostático (adaptado de Paiva, 1995)

SISTEMA DE CONTROLO HOMEOSTÁTICO	
CORPO HUMANO	EDIFÍCIO
Encéfalo	Computadores/Software
Hipotálamo	Controlador
Nervos	Sensores

### 4.5.2 TEMPERATURA

Análise das funções da variável temperatura:

- O coração tem como função bombear o sangue;
- O sangue circula pelos vasos sanguíneos;
- Os vasos sanguíneos regulam a intensidade de perda de calor do sangue pela pele através da vasoconstrição e vasodilatação;
- A pele protege os órgãos internos.

Quadro 4.2 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Temperatura (adaptado de Paiva, 1995)

TEMPERATURA	
CORPO HUMANO	EDIFÍCIO
Coração	Bomba de calor ar/água
Sangue	Água
Vasos Sanguíneos	Tubagens
Pele	Paredes, Cobertura, Portas e Janelas

### 4.5.3 ENERGIA

Análise das funções da variável energia:

- Os nutrientes são extraídos dos alimentos ingeridos;
- As células absorvem os nutrientes e transforma em energia;
- A energia armazenada no corpo é em forma de gordura ou glicogénio.

Quadro 4.3 - Analogia - Variável Energia (adaptado de Paiva, 1995)

ENERGIA	
CORPO HUMANO	EDIFÍCIO
Nutrientes	Luz Solar
Células	Painéis Fotovoltaicos
Gordura ou Glicogénio	Bateria e materiais de mudança de fase

#### 4.5.4 VENTILAÇÃO

Análise das funções da variável ventilação:

- A boca e o nariz permitem a entrada e saída do ar;
- Os alvéolos permitem a difusão do oxigénio para o sangue pulmonar e o dióxido de carbono para fora do sangue pulmonar;

Quadro 4.4 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Ventilação (adaptado de Paiva, 1995)

VENTILAÇÃO	
CORPO HUMANO	EDIFÍCIO
Boca e Nariz	Portas e Janelas - Ventilação Natural
Alvéolos	Tubos distribuidores - Ventilação Forçada

#### 4.5.5 ÁGUA

Análise das funções da variável água:

- Os rins têm como principal função filtrar o plasma e remover substâncias indesejáveis dessa filtração através da urina e retornar as necessárias para o sangue;
- O estômago tem como função o armazenamento de alimentos e sua posterior transformação em substâncias que depois são absorvidas pelas células.
- A bexiga armazena a urina produzida pelos rins que posteriormente é expulsa do organismo.

Quadro 4.5 - Analogia entre o Corpo Humano e o Edifício - Variável Água (adaptado de Paiva, 1995)

ÁGUA	
CORPO HUMANO	EDIFÍCIO
Rins	Filtradores
Estômago	Reservatório de Entrada
Bexiga	Reservatório de Saída

## 4.6 TECNOLOGIA

*“The problem posed in Futurist Architecture is not one of linear rearrangement. It is not a question of finding new moldings and frames for windows and doors [...]. It is a question of tending the healthy growth of the Futuristic house, of constructing it with all the resources of technology and science, satisfying magisterially all the demands of our habits and our spirit (Apollonio, 2001).”*

*Antonio Sant’Elia, 1914*

### 4.6.1 TECNOLOGIAS RELEVANTES

As tecnologias abaixo descritas são de interesse para o tema em estudo, e serão abordadas mais à frente na Proposta.

#### 4.6.1.1 “LEAF VEINS” - NERVURAS

Recentemente na Universidade de Rockefeller, uma equipa de biofísicos realizaram estudos sobre uma nova forma de projectar redes de distribuição, baseada nas veias que fazem o transporte de água e nutrientes em folhas da maioria das árvores (TH, 2010). Na figura 4.5 nota-se que mesmo havendo uma interrupção na rede o fluxo continua atingindo a restante parte da rede.



Figura 4.5 - Folha de limão com loops interligados (TH, 2010)

Esse conceito será aplicado mais a frente, no capítulo 6, na variável da Temperatura.

#### 4.6.1.2 AEROGEL

O Aerogel foi criado pela primeira vez por Samuel Stephens Kistler em 1931. O material, também conhecido como fumaça congelada, possui uma baixa densidade, é transparente e com notáveis propriedades de isolante térmico (figura 4.6) (TH, 2010a).

Algumas empresas como a Aspen Aerogels, Cabot e Thermablok já industrializam derivados de aerogel. Aspen Aerogels iniciou com a venda de cobertores de aerogel, que afirmam serem duas a quatro vezes o valor de isolamento por centímetro relativamente à fibra de vidro ou espuma (figura 4.7) (TH, 2010a).



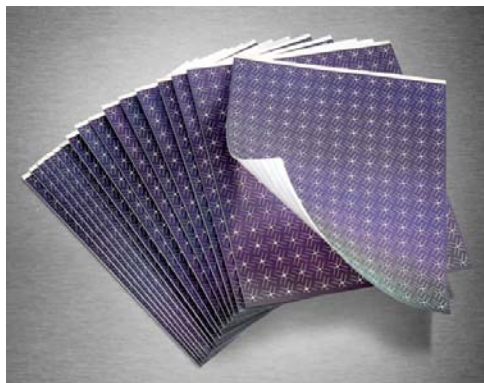
Figura 4.6 - Aerogel (TH, 2010a)



Figura 4.7 - Aspen Aerogels (TH, 2010a)

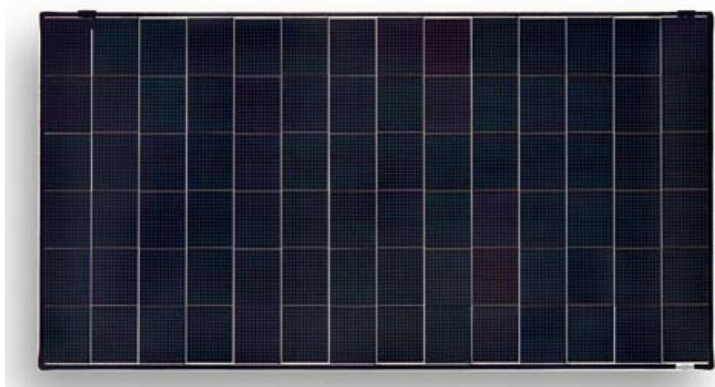
#### 4.6.1.3 NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Nanotecnologia (NT) é a produção e utilização de materiais próximo da escala atómica ou molecular. Consiste na união de objectos, átomo por átomo, e de estruturas tão pequenas que são invisíveis a olho nu. Possibilita a criação de materiais, dispositivos e sistemas com funções e propriedades novas. A tecnologia tem aplicações em quase todo tipo de processo de fabricação e de produto (Davies, 2006).



**Figura 4.8** - Células fotovoltaicas impressas em filme fino, com tinta composta por nanopartículas - Técnica utilizada pela empresa Nanosolar (Nanosolar, 2010)

A NanoSolar é uma empresa que utiliza a NT para a produção de painéis fotovoltaicos. A técnica utilizada consiste na impressão em filme fino, das células fotovoltaicas com uma tinta especial composta por nanopartículas, que permite aos painéis captar energia solar com o mínimo de perda (RPN, 2009) (figura 4.8 e 4.9). Em comparação com os painéis de silício cristalino, os painéis produzidos pela Nanosolar podem gerar até três vezes menos emissões de carbono ao longo de seu ciclo de vida, ou seja, menos emissões GEE (Nanosolar, 2010).



**Figura 4.9** - Painel fino de 160-220Watts e 1500V, produzido pela empresa Nanosolar (Nanosolar, 2010)

#### 4.6.1.4 MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE

Os materiais de mudança de fase são utilizados para a acumulação de energia e isolamento térmico. As principais substâncias utilizadas para o seu fabrico são: água, sais e ceras. De entre as ceras, as parafinas (com ponto de fusão entre 0 a 80°C) são as mais utilizadas devido à baixa toxicidade, custo, flexibilidade, estabilidade e acessibilidade. Para a aplicação das ceras numa habitação, por exemplo, é necessário escolher uma cujo ponto de fusão seja igual à temperatura da habitação. Assim, quando a temperatura for superior à temperatura ideal, as ceras fundem, a temperatura constante, consumindo esse excesso de energia. Quando a

temperatura for inferior à temperatura ideal, as ceras libertam, a temperatura constante, a energia armazenada (Coutinho, 2006).

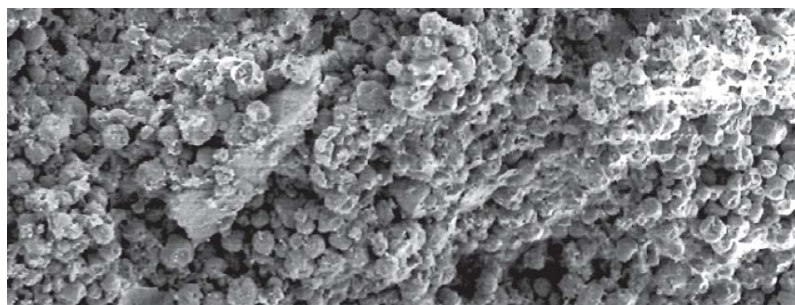


Figura 4.10 - Composição de reboco com microcápsulas de parafinas (Coutinho, 2006, p.6)

Micronal são parafinas microencapsuladas, produzidas e comercializadas pela empresa BASF, que podem ser distribuídas em rebocos de revestimento ou utilizadas para a produção de placas de pladur. Em Portugal Weber e Broutin Portugal SA, são empresas que trabalham nesta área de produção de rebocos com parafinas. A figura 4.10 mostra a composição de um reboco com microcápsulas de parafinas (Coutinho, 2006).

## 4.7 CONCLUSÃO

Apresentou-se neste capítulo a metodologia utilizada para a implementação do conceito da homeostase na arquitectura.

Esta metodologia é baseada nos principais aspectos da homeostase e numa analogia ao corpo humano, em que estabeleceu-se os principais aspectos de um edifício homeostático. Ficou definido que para a manutenção da homeostase no edifício, quatro variáveis devem ser reguladas por um Sistema de Controlo Homeostático:

- Temperatura;
- Ventilação;
- Energia;
- Água.

Apresentaram-se ainda tecnologias que vão de encontro com a metodologia de aplicação do conceito da homeostase na arquitectura, e que serão posteriormente aplicadas ao protótipo.

O funcionamento, estruturação e conexões relativas ao edifício homeostático serão apresentados mais à frente no capítulo 6.



## CAPÍTULO V

# ANÁLISE DE ALGUMAS SOLUÇÕES

---

<b>5. ANÁLISE DE ALGUMAS SOLUÇÕES.....</b>	<b>61</b>
5.1 “PASSIVE HOUSE” - SCHIESTLHAUS .....	61
5.1.1 Localização.....	61
5.1.2 Técnica Construtiva .....	61
5.1.2.1 Sistema de Energia .....	61
5.1.2.2 Sistema de Aquecimento e Ventilação .....	62
5.1.2.3 Aquecimento da Água .....	63
5.1.2.4 Energia Eléctrica .....	64
5.1.2.5 Aproveitamento da Água das chuvas .....	64
5.2 WATERSTUDIO - VIVENDA AALSMEER .....	65
5.2.1 Localização.....	65
5.2.2 Técnica Construtiva .....	66
5.3 CASA ESPECIAL Nº 9 .....	67
5.3.1 Localização.....	67
5.3.2 Técnica Construtiva .....	69
5.3.2.1 Sistema de Energia .....	69
5.3.2.2 Sistema de Água e Ventilação .....	69
5.4 PROTÓTIPO - SPA BIG BEND, CALIFÓRNIA .....	70
5.4.1 Parede Permeável .....	71
5.4.2 Aberturas Deflectoras.....	72
5.4.3 Conjunto de tubos estáticos/ Parede de garrafas recicladas .....	72
5.4.4 Travesseiro de água insuflável/ “Organismo Glorioso” .....	73
5.5 CONCLUSÃO.....	74

## 5. ANÁLISE DE ALGUMAS SOLUÇÕES

### 5.1 “PASSIVE HOUSE” - SCHIESTLHAUS

#### 5.1.1 LOCALIZAÇÃO

A Schiestlhaus encontra-se situada nas montanhas Alpes da Áustria. A região é bastante isolada, exposta, de difícil acesso e ecologicamente sensível. Não existe qualquer ligação com a rede pública de abastecimento de água, energia e mesmo de esgotos. O edifício está a uma altitude de 2.154 metros acima do nível do mar numa laje logo abaixo do cume principal de Hochschwab, e não pode ser acedido nem por estrada ou teleférico. Assim todo o material de construção teve de ser transportado por helicóptero (NW, 2005) (figura 5.1).



Figura 5.1 - Localização do edifício Schiestlhaus (adaptado OSM, 2010)

#### 5.1.2 TÉCNICA CONSTRUTIVA

##### 5.1.2.1 SISTEMA DE ENERGIA

A fachada sul foi concebida de forma a gerar a maior parte de energia do edifício (NW, 2005) (figura 5.2):

- O piso inferior possui enormes janelas que servem de uso passivo de energia solar;
- O piso superior tem uma área de 46 m<sup>2</sup> de fachada integrada com painéis solares com uma capacidade de geração de energia térmica de 80%;
- Em frente ao piso inferior, foi instalado um sistema fotovoltaico com uma superfície total de 60 m<sup>2</sup>.



Figura 5.2 - Schiestlhaus - Fachada Sul incorporada de painéis solares e fotovoltaicos (TH, 2010b)

#### 5.1.2.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO

Aquecer o edifício através do sistema de ventilação, era um dos principais objectivos do projecto (NW, 2005) (figura 5.3):

- A excelente qualidade térmica da envolvente e o sistema recuperação de calor do ar de entrada e saída tornam o edifício auto-suficiente;
- As áreas comuns são aquecidas através de ar fresco pré-aquecido;
- Maior parte do calor e da humidade do ar de saída é transferida, por um transferidor de calor, para o ar de entrada;
- As áreas comuns principais foram concebidas para uma temperatura confortável de 20° a 26°C.
- Os quartos, corredores e casas de banho têm como temperatura mínima 15°C, e 20°C para salas de secagem de roupa;
- Na cave, as salas de armazenagem têm uma temperatura máxima de 10°C;
- O sistema de aquecimento e ventilação têm uma eficiência de 85%.
- Como forma de evitar sobreaquecimento durante o verão através de fontes internas de calor (pessoas, dissipação de calor da cozinha), o edifício possui válvulas de desvio.

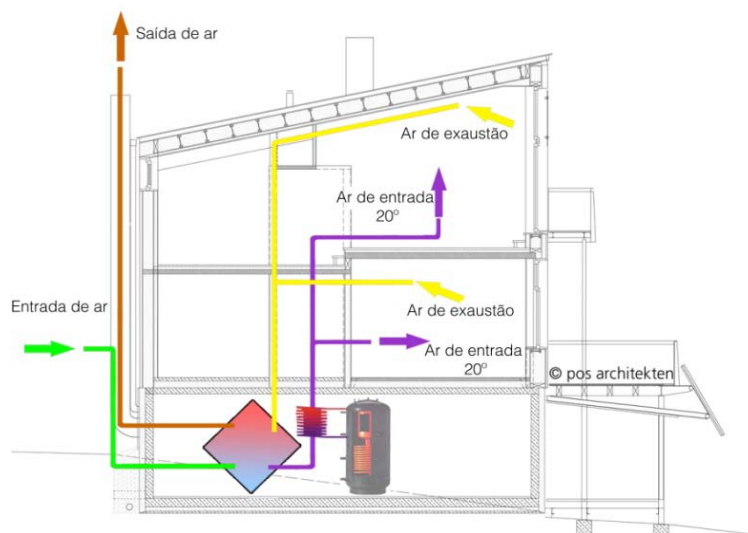


Figura 5.3 - Sistema de ventilação com recuperação de calor (adaptado, NW, 2006, p.30)

### 5.1.2.3 AQUECIMENTO DA ÁGUA

O fornecimento e armazenamento de calor são efectuados através de três tanques de armazenamento, localizados na cave do edifício, com capacidade de 2.000 litros que são alimentados principalmente pela fachada sul (fachada integrada com painéis solares).

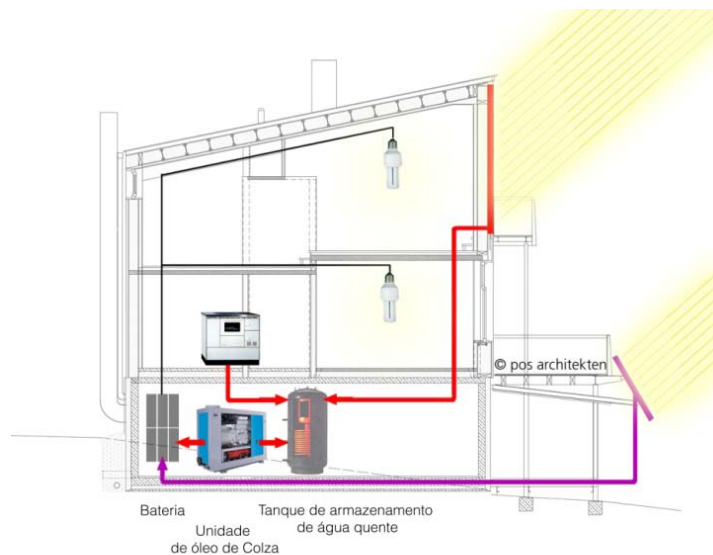


Figura 5.4 - Sistema de aquecimento de água (adaptado, NW, 2006, p.25)

Portanto, o sistema funciona do seguinte modo (NW, 2005) (figura 5.4):

- Os painéis solares da fachada sul transferem calor para os tanques de armazenamento na cave;

- Uma unidade de óleo de colza transfere calor directamente para os tanques de armazenamento;
- Outro meio de transferência de calor para os tanques de armazenamento é através dos combustíveis sólidos.

#### 5.1.2.4 ENERGIA ELÉCTRICA

A energia eléctrica do edifício é gerada pelo sistema de painéis fotovoltaicos instalados na frente do parapeito do terraço, sendo que a maior parte da fachada sul foi ocupada com painéis solares. O sistema tem uma capacidade de gerar mais de 60% das exigências anuais de energia eléctrica. Assim a restante parte exigências energéticas é fornecida por uma unidade de óleo de colza, que também serve de reserva para o sistema de aquecimento. Relativamente à eficiência energética do edifício, apenas aparelhos altamente eficientes e meios de iluminação com baixo consumo de energia, foram instalados, e para uma melhor eficiência os aparelhos funcionam por um sistema de hierarquia. Ou seja, se a capacidade da bateria atingir menos de 50%, todos os aparelhos secundários permanecem bloqueados, até a sua capacidade atingir os 70% novamente (NW, 2005).

#### 5.1.2.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DAS CHUVAS

A região na qual o edifício está inserido não possui fontes de água utilizável, assim, o abastecimento de água para o edifício é feita através do tratamento da água das precipitações que é armazenada numa cisterna. Instalada na parte ocidental da cave, a cisterna tem uma capacidade de 34 m<sup>3</sup>.

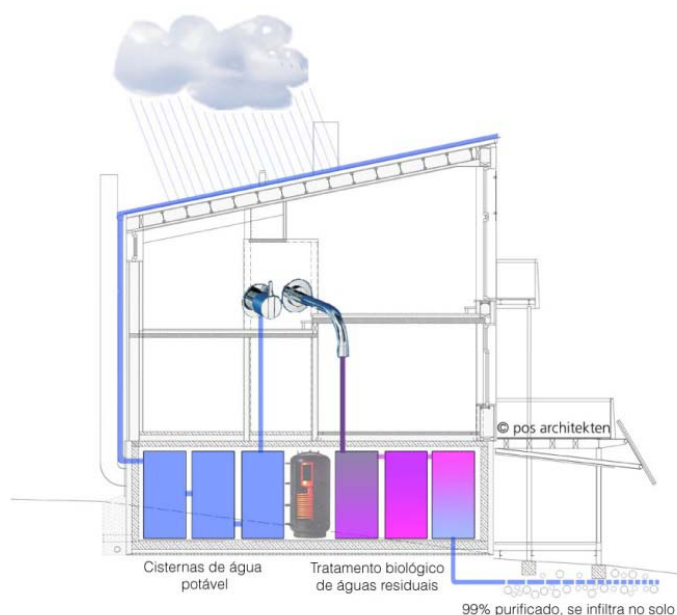


Figura 5.5 - Sistema de aproveitamento da água da chuva (adaptado, NW, 2006, p.35)

A água da chuva escorre por um telhado de aço inoxidável, em seguida passa por um filtro grosso e é depositada num tanque de água potável, da qual passa por uma cascata de filtros finos e uma unidade de esterilização UV (ultravioleta) e assim produz água potável pura. Relativamente ao tratamento de águas residuais e resíduos sólidos foi necessária a instalação de um sistema especial. Ou seja, apenas casas de banho secas foram instaladas, e na área oriental da cave foi instalada um sistema de tratamento biológico de águas residuais com esterilização UV. O grau de purificação dessas águas é 99% equivalente a águas balneares de boa qualidade (figura 5.5) (NW, 2005).

## 5.2 WATERSTUDIO - VIVENDA AALSMEER

### 5.2.1 LOCALIZAÇÃO

A Waterstudio é um ateliê de arquitectura cujo trabalho central foca-se apenas em estruturas flutuantes e em projectos que têm como base (terreno) a água. O fundador do ateliê, Koen Olthuis, tem consciência da problemática do aumento do nível médio do mar, especialmente no seu país, Países Baixos, que na sua maioria é construído sob pólderes (parcelas de terreno com um complexo sistema de diques, canais e bombas) (Fletcher, 2004).

A vivenda em Aalsmeer (região que foi fortemente atingida em 1953 pela inundação do mar norte) projectada para a família Snel, foi um dos primeiros projectos realizados pela Waterstudio. O concelho da região estipulou que o edifício não deveria exceder os 4 m acima do nível de água, o que levou o grupo de arquitectos da Waterstudio a construir a vivenda com um piso debaixo de  gua. Os dois pisos foram pré-fabricados e transportados para o lago Westeinder Plassen, tendo como propriedade adjacente (também pertencente aos donos da vivenda) um jardim com aproximadamente 900 m<sup>2</sup> (Fletcher, 2004).



Figura 5.6 - Localiza o da Vivenda em Aalsmeer, Países Baixos (adaptado, OSM, 2010)

## 5.2.2 TÉCNICA CONSTRUTIVA

A vivenda tem 25 m de comprimento, 6 m de largura e dois pisos de 2.5 m de altura cada. O piso inferior tem as mesmas dimensões que o piso superior e é constituído por um espaço de armazenamento, uma sala para as máquinas (caldeira e bomba de água), uma sala de estar e uma sala de cinema completa, com assentos de cinema. O piso superior, que fica por cima da água, é constituído por uma sala de estar, uma cozinha, uma casa de banho e dois quartos, e para proporcionar um melhor equilíbrio, a vivenda foi projectada de forma simétrica (figuras 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10). (EHI, 2005).



Figura 5.7 - Vista frontal da Vivenda em Aalsmeer (EHI, 2005)



Figura 5.8 - Vista lateral (WS)



Figura 5.9 - Piso -1 da Vivenda em Aalsmeer, composto por uma arrecadação, lavandaria, sala de estar e uma sala de cinema (EHI, 2005)

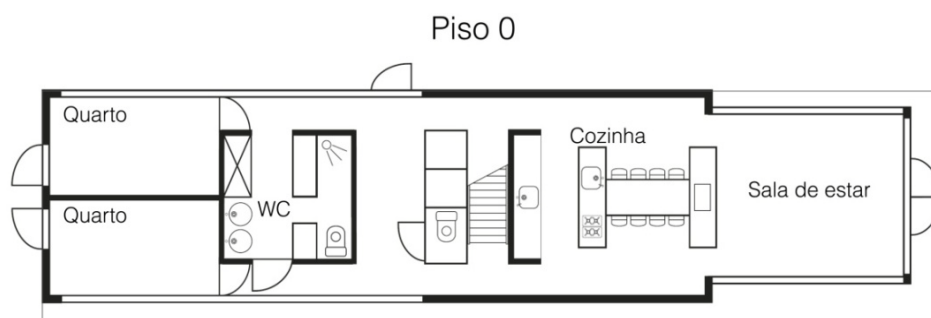


Figura 5.10 - Piso 0 da Vivenda em Aalsmeer, composto por uma sala de estar, cozinha, dois quartos e uma casa de banho (EHI, 2005)

A técnica utilizada nesta construção é bastante inovadora, pois permite a vivenda flutuar através de um recipiente oco de betão (piso -1), e como um navio, está ancorado ao fundo do lago e à terra.

## 5.3 CASA ESPECIAL Nº 9

### 5.3.1 LOCALIZAÇÃO

A Casa Especial Nº 9, localizada na cidade de Nova Orleães, Louisiana, foi projectada pela "Make It Right Foundation" com o objectivo de fornecer aos residentes da cidade, que foram desabrigados pelo furacão Katrina, opções de habitações resistentes a tempestades, económicas e sustentáveis. O objectivo da fundação é de construir 150 habitações, tendo como base o protótipo da casa nº 9, que pode ser personalizado de forma económica, com diferentes plantas, materiais e sistemas ambientais de acordo com as condições e desejos (AIA, 2010) (figuras 5.11 e 5.12).



Figura 5.11 - Localização da Casa Especial Nº 9, Louisiana, Estados Unidos da América (adaptado OSM, 2010)



Figura 5.12 - Fachada principal da Casa Especial Nº 9, (AIA, 2010)

Existem duas opções do protótipo:

1. Um protótipo de Jardim - que inclui uma plataforma de telhado, protectores solares e uma treliça de malha (figura 5.13);
2. Um protótipo de Empena - que inclui protectores solares, treliças de grelha e uma área de refúgio (figura 5.14).



Figura 5.13 - Protótipo Jardim (AIA, 2010)



Figura 5.14 - Protótipo Empena (AIA, 2010)

### 5.3.2 TÉCNICA CONSTRUTIVA

Em 2009 a Casa Especial Nº 9 alcançou o nível LEED Platinum v.1, devido à implementação de um bom sistema de isolamento térmico, uso de materiais não tóxicos e implementação de sistemas eficientes, e posteriormente o Instituto Americano de Arquitectos (AIA sigla em inglês) escolheu a casa nº 9 para a sua lista anual dos 10 melhores projectos sustentáveis de 2010 (AIA, 2010).

#### 5.3.2.1 SISTEMA DE ENERGIA

O projecto é de alta eficiência energética, sendo que a casa consome menos de 65% de energia relativamente a outras habitações existentes no mesmo clima. O baixo consumo indica um movimento decisivo na direcção do carbono-zero, superando a meta estabelecida pelo Desafio 2030 para 2010, que consiste na redução de 60% no consumo de energia dos edifícios. Este alto nível de desempenho é alcançado através de um envelope bem construído, um sistema de climatização eficiente, uma boa orientação do edifício, vidros e treliças integradas na fachada sul. E melhorias adicionais são obtidas através do isolamento dos tubos. A casa possui ainda um telhado integrado de painéis fotovoltaicos que, proporciona aos seus ocupantes uma fonte de energia confiável desprovida da variabilidade dos preços da rede eléctrica ou das interrupções de fornecimento (AIA, 2010).

A casa está orientada num eixo linear Este-oeste de forma a limitar a maior exposição solar que ocorre durante o verão na longa fachada sul. Os ganhos solares são moderados pelo sistema de treliças que cobre na totalidade a fachada sul, proporcionando sombreamento directo e uma maior protecção solar quando estiver completamente coberta de vegetação. O sistema funciona de forma eficaz tanto no verão como no inverno, ou seja, bloqueia os ganhos solares no verão e dá acesso aos mesmos no inverno.

#### 5.3.2.2 SISTEMA DE ÁGUA E VENTILAÇÃO

Para melhor aproveitamento da água das precipitações, cisternas foram implementadas no piso 0, com uma capacidade de retenção de 62% equivalente a 600 litros numa precipitação normal. A água captada pode ser utilizada pelos ocupantes para irrigação na propriedade através de uma bomba de pressão activada à distância. O código regional ainda não permite o uso interno da água da chuva mas, o projecto possui um sistema de reutilização da água da cisterna nas casas de banho, em antecipação de futuras revisões no código regional (figura 5.15). A precipitação que não é retida na cisterna é absorvida através duma superfície permeável, sendo que 97% da área é directamente permeável permitindo um rápido transporte da precipitação para o lençol freático regional, enquanto os restantes 3% são desviados para outras áreas permeáveis, onde também são rapidamente absorvidos (AIA, 2010).

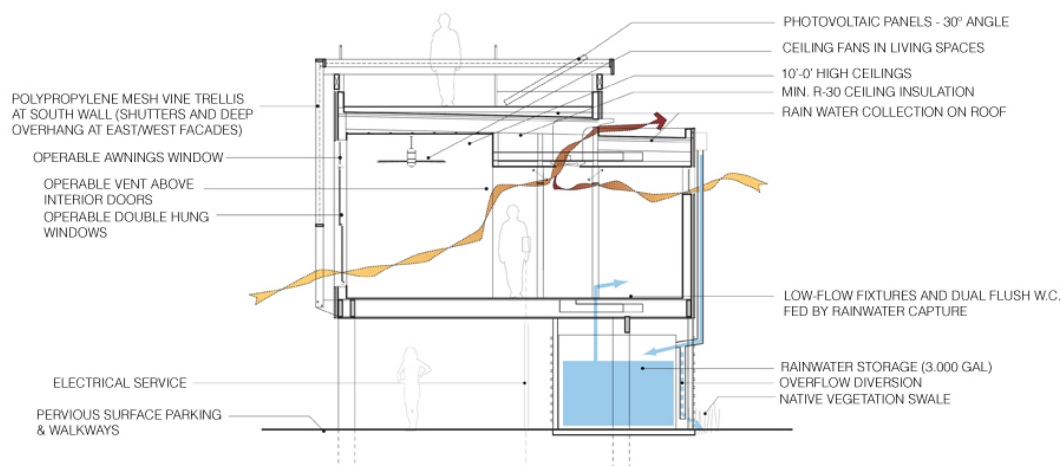


Figura 5.15 - Sistema de água e ventilação - corte transversal da Casa N° 9 (adaptado de AIA, 2010)

A casa está equipada com janelas a prova de furacões e possui dispositivos de sombreamento compatíveis com as mesmas. Espaços abertos na parte frontal, traseira e cobertura da casa fornecem um amplo acesso ao exterior permitindo um melhor fluxo de ar fresco, o que torna a ventilação natural, assim como os espaços abertos, como parte integrante da ligação dos ocupantes com o ambiente externo. Essa conexão com o ambiente natural é reforçada com uma plantação nativa que ocupa cerca de 80% da área exterior (figura 5.15) (AIA, 2010).

## 5.4 PROTÓTIPO - SPA BIG BEND, CALIFÓRNIA

Através do conceito da homeostase térmica, Charles Lee desenvolveu um protótipo de um Spa para uma região geotérmica em Big Bend, Califórnia. O protótipo explora os sistemas de regulação endotérmicas dos mamíferos, mais precisamente, o cabelo dos mamíferos (figura 5.16).

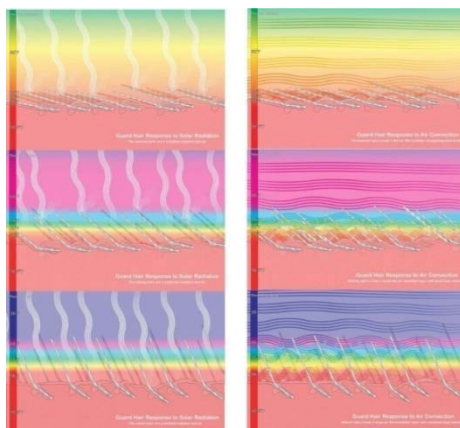


Figura 5.16 - Adaptação térmica do cabelo dos mamíferos - Diagrama do sistema homeostático (adaptado Lee, 2008, p.5 e 6)

Com base nesses estudos Lee desenvolveu quatro sistemas de regulação térmica para o edifício:

- Parede permeável;
- Aberturas deflectoras;
- Conjunto de tubos estáticos/ Parede de garrafas recicladas;
- Travesseiro de água insuflável / “Organismo glorioso” .

#### 5.4.1 PAREDE PERMEÁVEL

O sistema de paredes permeáveis é composto por tubos ocus localizados entre do tecto e o piso, conectados à infra-estrutura geotérmica do edifício, que podem ser utilizados para definir espaços térmicos e gerar quebras de convecção ou radiação das áreas envolventes.

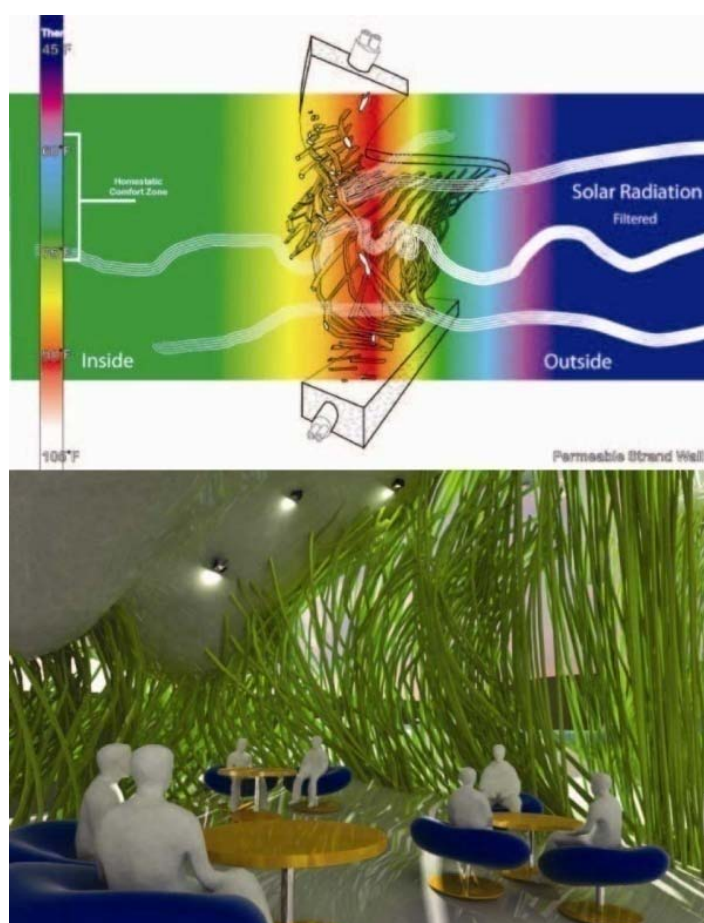


Figura 5.17 - Parede Permeável, composta de tubos ocus que estabelecem a ligação entre o piso e o tecto (Lee, 2008, p.12)

Água a diferentes temperaturas é bombeada pelos tubos e seu fluxo é controlado por válvulas de nitinol que respondem às necessidades ambientais internas ou externas. Devido à configuração da válvula nenhum software ou sensor é necessário para sua programação. Em áreas hipotéticas do edifício como corredores de circulação, semi-banhos privados, áreas de descanso ou divisões de produção de banhos a vapor, esse sistema poderá ser implementado.

É a única estratégia que testa o sistema biomimético à escala humana (Lee, 2008) (figura 5.17).

#### 5.4.2 ABERTURAS DEFLECTORAS

Este sistema explora os conceitos de mecanismos de resposta localizada, e sua geometria é projectada num padrão “waffle” de poços de ventilação. No final de cada eixo são incorporadas batentes que podem abrir ou fechar-se em diferentes graus de acordo com a temperatura. O sistema possui um ponto térmico que é considerado uma fonte concentrada de calor, que no caso deste projecto seria um respiradouro geotérmico ou piscina.

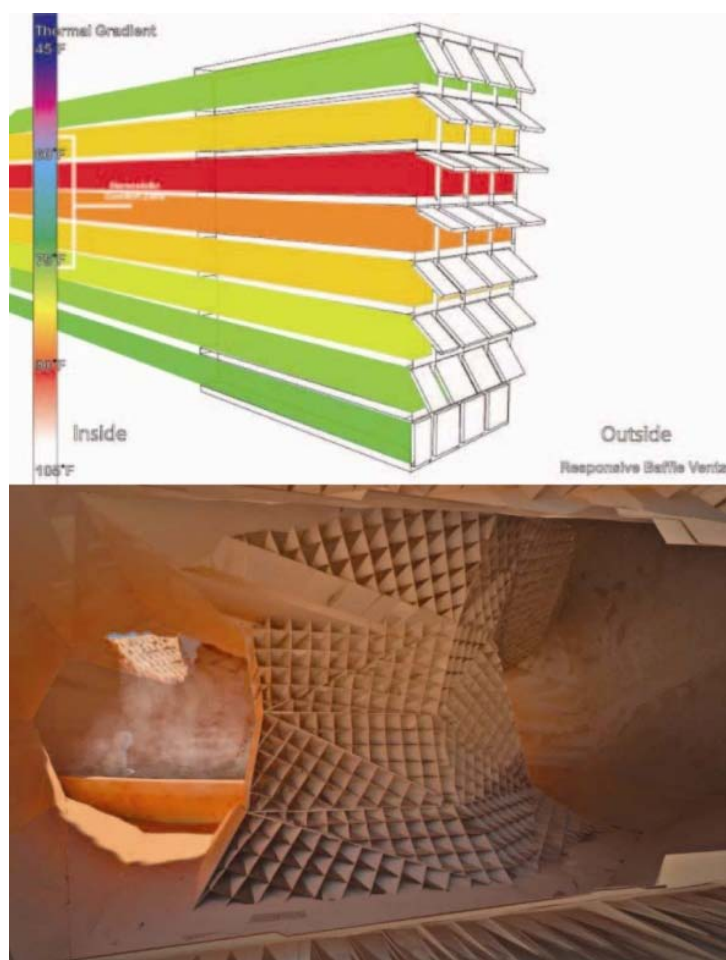


Figura 5.18 - Aberturas Deflectoras com padrão “waffle” para o controlo da ventilação (Lee, 2008, p.13 e 14)

#### 5.4.3 CONJUNTO DE TUBOS ESTÁTICOS/ PAREDE DE GARRAFAS RECICLADAS

O sistema de tubos estáticos é elaborado a partir de uma montagem maioritariamente associativa, que define a sua própria geometria. É o sistema menos complexo e menos adaptável, oferecendo uma única solução térmica. Os tubos estão sempre alinhados na direcção de uma fonte de calor e são incorporados em material sólido inerte como a cera, gordura ou óleo solidificado, que utiliza uma malha estrutural como estrutura rígida. O

o sistema é utilizado em áreas que exigem forte isolamento térmico e não permite ventilação em outros espaços, mas permite a passagem do calor da radiação dependendo da transparência do material. As áreas adequadas para a utilização desse sistema seriam as áreas de banho de lama ou salas de massagens (figura 5.19) (Lee, 2008).

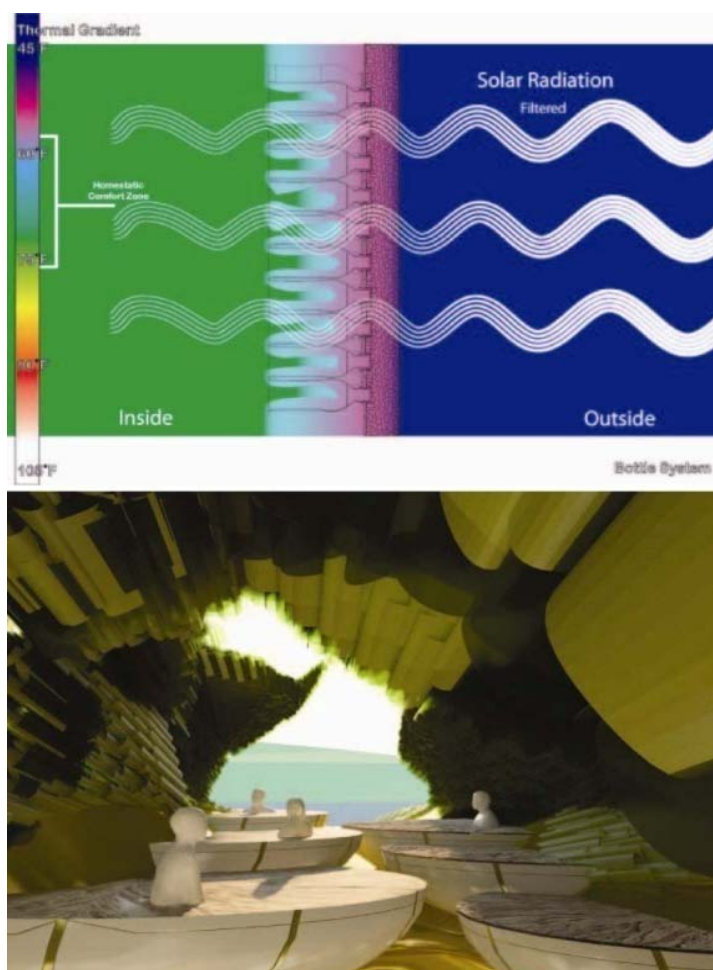


Figura 5.19 - Conjunto de tubos estáticos - Parede composta por garrafas recicladas (Lee, 2008, p.15)

#### 5.4.4 TRAVESSEIRO DE ÁGUA INSUFLÁVEL/ “ORGANISMO GLORIOSO”

O último sistema chamado de “organismo glorioso” é concebido como uma almofada porosa que regula a ventilação, convecção e radiação, e de todos os sistemas é o mais flexível. O travesseiro insufla com a água geotérmica aquecida quando o ambiente é frio e nesse processo de insuflação os poros começam a inchar de forma fechada, interrompendo a ventilação através do sistema. Em paralelo, fios sintéticos em forma de franjas maximizam a quantidade de ar preso aquecido da convecção do travesseiro. O sistema também permite o livre fluxo de radiação solar através do travesseiro, aumentando o calor interno. Com o aumento da temperatura, o fluxo de água geotérmica diminui, diminuindo a quantidade de calor gerado. Então os poros começam a abrir-se permitindo uma maior ventilação. Esse sistema é o mais próximo da função e forma original da pele e cabelos e é um sistema demasiado complexo para ser uma solução eficaz de um edifício (figura 5.20) (Lee, 2008).

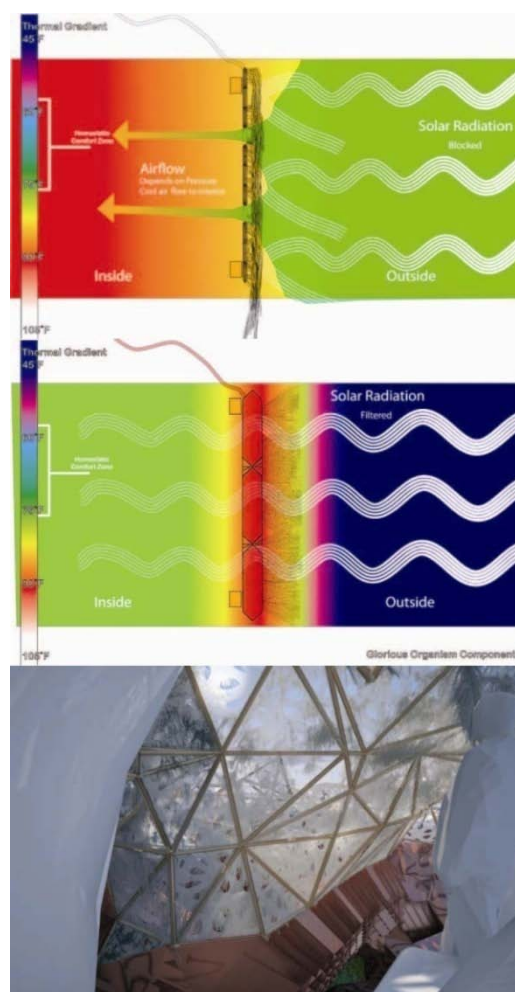


Figura 5.20 - "Organismo Glorioso" é o sistema mais complexo e que mais se aproxima da forma original da pele e dos cabelos (Lee, 2008, p.16 e 17)

## 5.5 CONCLUSÃO

Apresentaram-se neste capítulo algumas soluções construtivas relacionadas com o tema desta Dissertação.

Os quatro projectos apresentados lidam com questões climáticas características das regiões em que estão inseridas:

1. A Schiestlhaus - neste projecto focou-se mais na regulação da temperatura do edifício, através de um sistema eficaz de ventilação, e no aproveitamento da água das precipitações.
2. A Vivenda Aalsmeer - a principal preocupação na realização deste projecto foi a construção em água. Tendo em consideração o local de implantação da vivenda (Países Baixos, cidade de Aalsmeer) esta técnica construtiva desenvolvida pela Waterstudio, permite ao edifício adaptar-se à sua envolvente em situações de inundações.

3. A Casa Especial Nº 9 - por estar localizada numa região em que já se experienciou tempestades, como o furacão Katrina que devastou a cidade deixando-a totalmente inundada, as preocupações relativas a este projecto centraram-se na construção de uma habitação resistente a tempestades.
4. Protótipo - Spa Big Bend - localizada numa região geotérmica, o foco deste projecto consistiu na utilização de técnicas biomiméticas com o objectivo de explorar a regulação endotérmica dos mamíferos para o desenvolvimento de sistemas de regulação da temperatura.

Em síntese, verifica-se que na Schiestlhaus e na Casa Especial Nº 9 foram implementados sistemas eficazes de aquecimento/refrigeração, sistemas de geração de energia, aproveitamento da água das precipitações e sistemas de ventilação. Enquanto na vivenda Vivenda Aalsmeer a preocupação ficou apenas na construção em água, deixando de lado a possibilidade de implementação de algum dos sistemas acima referidos. Por último, o Spa Big Ben com uma abordagem diferente explorando o conceito da homeostase térmica, centrou-se no desenvolvimento de sistemas para a regulação da temperatura no edifício.

As técnicas e soluções apresentadas neste capítulo serão abordadas no capítulo seguinte no desenvolvimento do protótipo.



## CAPÍTULO VI

# APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA - PROTÓTIPO

---

6.	APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA - PROTÓTIPO .....	79
6.1	CONCEITO .....	79
6.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS NO PROTÓTIPO .....	81
6.2.1	Sistema de controlo homeostático .....	81
6.2.2	Temperatura .....	81
6.2.2.1	Radiação .....	82
6.2.2.2	Convecção/Condução .....	82
6.2.2.3	Evaporação .....	83
6.2.3	Energia .....	84
6.2.4	Ventilação .....	85
6.2.5	Água .....	86
6.3	METABOLISMO DO PROTÓTIPO .....	87
6.3.1	Inverno - Dia / Inverno - Noite .....	87
6.3.2	Verão - Dia / Verão - Noite .....	89
6.3.3	Primavera e Outono - Dia/Primavera e Outono - Noite. ....	90
6.4	CONCLUSÃO .....	91

## 6. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA - PROTÓTIPO

Após a análise das questões, conceitos e exemplos expostos nos capítulos anteriores, passou-se ao desenvolvimento de uma Proposta-Protótipo que será apresentada neste capítulo.

### 6.1 CONCEITO

O protótipo desenvolvido neste capítulo tem as seguintes características:

- Habitação unifamiliar;
- Concebida para o hemisfério Norte, em regiões com verões e invernos rigorosos e regiões com risco de inundações;
- A forma do protótipo segue a distribuição das “veias”, pertencentes à variável da temperatura, que envolvem o protótipo. Assim resultou em superfícies curvas localizadas na fachada Este e Oeste. Como forma de maximizar o aproveitamento da água das precipitações, o edifício tem uma inclinação de 3° ao longo do eixo Este-Oeste.
- O edifício está orientado num eixo Este-Oeste, com o objectivo de potenciar os ganhos solares no Inverno e reduzi-los no Verão (figura, 6.1);

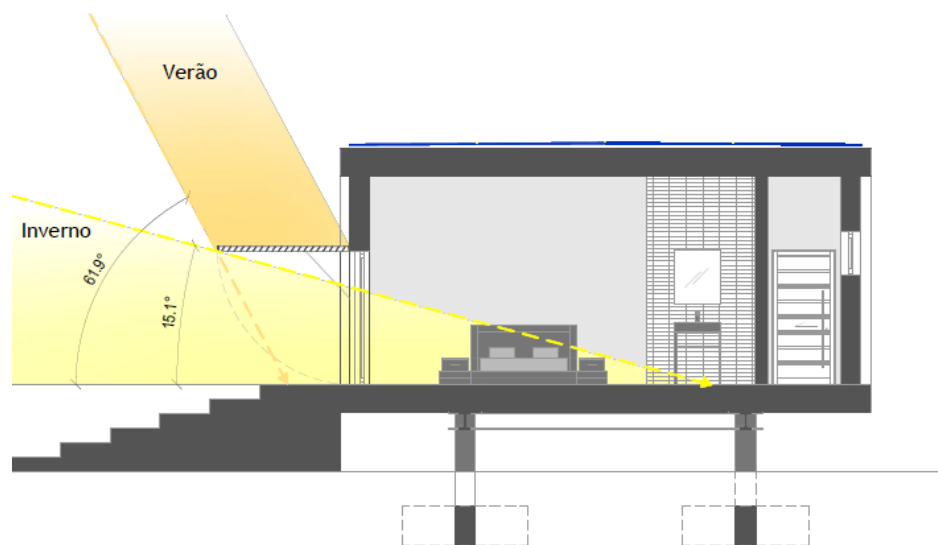


Figura 6.1 - Esquema dos ganhos solares do protótipo durante o Inverno e Verão

A Casa Jacobs II, projectada por Frank Lloyd Wright, é um exemplo de uma construção que foi concebida de forma a maximizar os ganhos solares no inverno e minimiza-los no verão. A casa foi projectada em 1947 e Wright a descreveu como “Hemiciclo Solar”. A casa tem uma planta semicircular, com a fachada norte soterrada parcialmente por questão de isolamento. Em

contraste a fachada sul, de dois pisos, é composta por portas e janelas envidraçadas para o aproveitamento dos ganhos solares durante o inverno, sendo que no verão a extensão do telhado protege a fachada, impedindo os raios solares de atingirem os envidraçados (Preiffer, 2002) (figuras 6.2, 6.3 e 6.4).



Figura 6.2 - Casa Jacobs II, projectada por F.L.Wright para Herbert e Katherine - Vista da fachada Sul (Thomson, 2000, p.174)

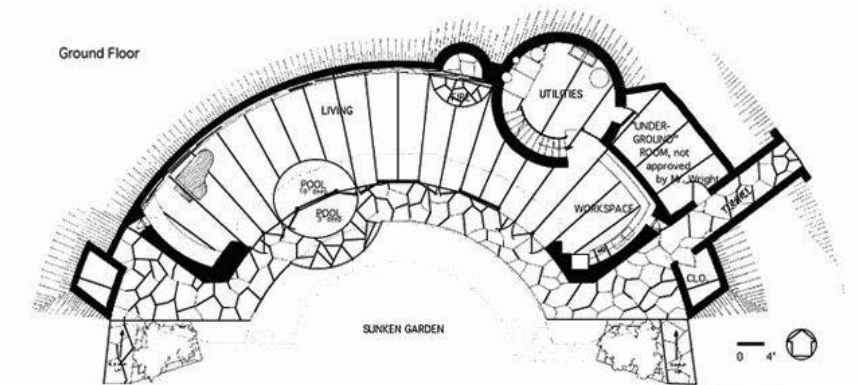


Figura 6.3 - Planta do piso 0 da Casa Jacobs, composta por uma sala de estar, cozinha e casa de banho (GBO, 2010)

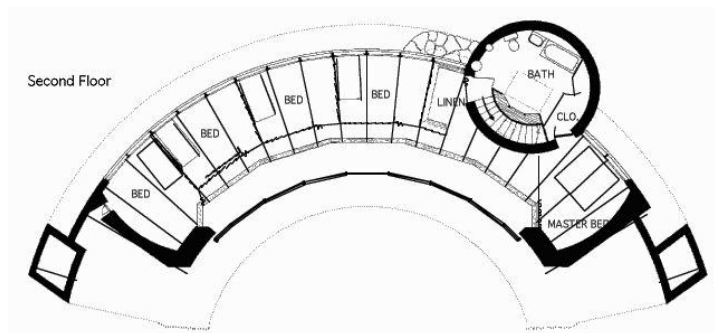


Figura 6.4 - Planta do piso 1 da Casa Jacobs, composta por uma casa de banho e quartos (GBO, 2010)

## 6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS NO PROTÓTIPO

### 6.2.1 SISTEMA DE CONTROLO HOMEOSTÁTICO

O sistema de controlo homeostático é responsável pela regulação do “metabolismo” da habitação. Com o recurso da tecnologia todos os dados das variáveis do protótipo podem ser controlados. Assim, o “encéfalo” do protótipo (computador/software) recebe dados registados pelos sensores sobre:

- Variações de temperatura;
- Qualidade do ar;
- Consumo/produção/armazenamento de energia e água;

### 6.2.2 TEMPERATURA

Como foi verificado no capítulo 3, a temperatura corporal ideal é de 37°C portanto, para a regulação da temperatura interna do edifício é necessário definir no sistema de controlo homeostático a temperatura ideal, por exemplo 22°. Desse modo quando ocorrerem variações nesse valor o sistema acciona o mecanismo de feedback negativo que faz a variável retornar ao seu valor ideal. Sendo a variável a temperatura o retorno ao valor ideal será através do aumento ou diminuição da temperatura conforme a estação do ano.

Para a regulação da temperatura o protótipo possui um sistema composto por um conjunto de tubos que em analogia ao corpo humano representam os vasos sanguíneos. Os tubos estão orientados no eixo Este-Oeste, integrados nas paredes da fachada Este, Oeste, Cobertura e Laje. Através de uma bomba de calor Ar/Água, que representa o coração, água fria/quente é distribuída pelos tubos aquecendo/arrefecendo a habitação consoante a estação. A configuração dos tubos é também baseada na distribuição das nervuras de uma folha de forma a proporcionar uma melhor distribuição da água por todo o edifício (figura 6.5).

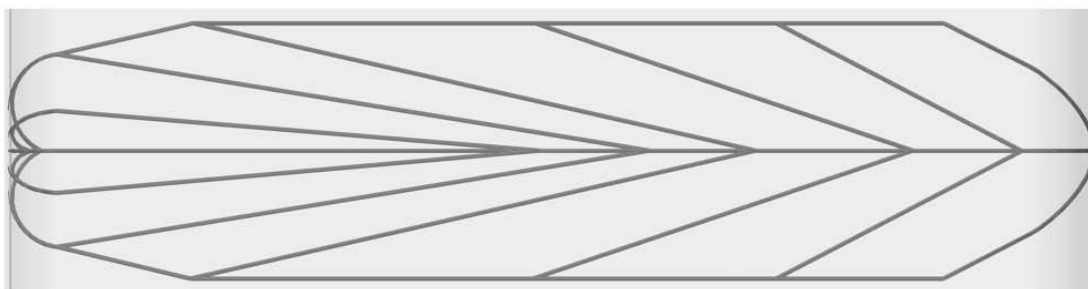
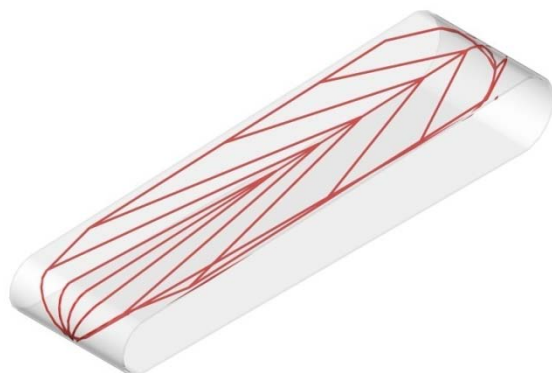


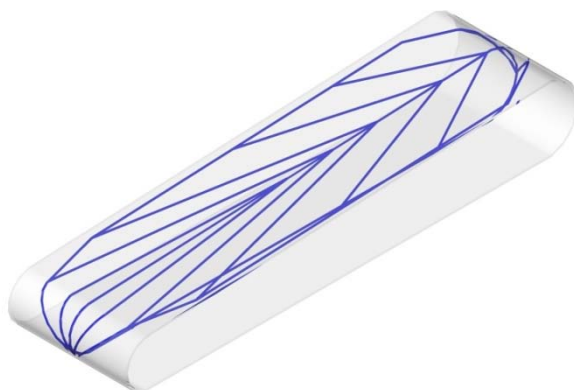
Figura 6.5 - Planta da distribuição das veias que envolvem o protótipo

### 6.2.2.1 RADIAÇÃO

Como já foi atrás referido, pelas veias que envolvem o protótipo é bombeado água quente/fria de acordo com a estação do ano em que se encontra. As figuras 6.6 e 6.7 ilustram, respectivamente, as situações de inverno e verão.



**Figura 6.6** - Inverno - Água quente é bombeado pelas veias do protótipo com o objectivo de aquecer o seu ambiente interno



**Figura 6.7** - Verão - Água fria é bombeada pelas veias do protótipo com o objectivo de arrefecer o seu ambiente interno

### 6.2.2.2 CONVECÇÃO/CONDUÇÃO

Baseado na técnica utilizada no Edifício Solar XXI (figura 6.8), aplicou-se no protótipo o sistema de convecção do ar através do uso de painéis fotovoltaicos na fachada sul do edifício. O sistema é composto por um espaço posterior aos painéis fotovoltaicos e por dois orifícios, inferior e superior, que são controladas manualmente. No Inverno, para o aquecimento do espaço interior o utilizador pode abrir os dois orifícios, permitindo uma circulação contínua do ar entre o espaço interior e o espaço posterior dos painéis. No Verão, duas situações podem ocorrer:

- Todo o calor produzido nos painéis fotovoltaicos, é expulso directamente para o exterior;
- Todo o calor produzido no interior do edifício é expulso para o exterior.

Na meia estação o sistema funciona através do pré-aquecimento do ar novo, que é aquecido no espaço posterior aos painéis, e introduzido no edifício (INETI, 2005) (figura 6.9).



Figura 6.8 - Fachada Sul do Edifício Solar XXI, Lisboa (INETI, 2005)

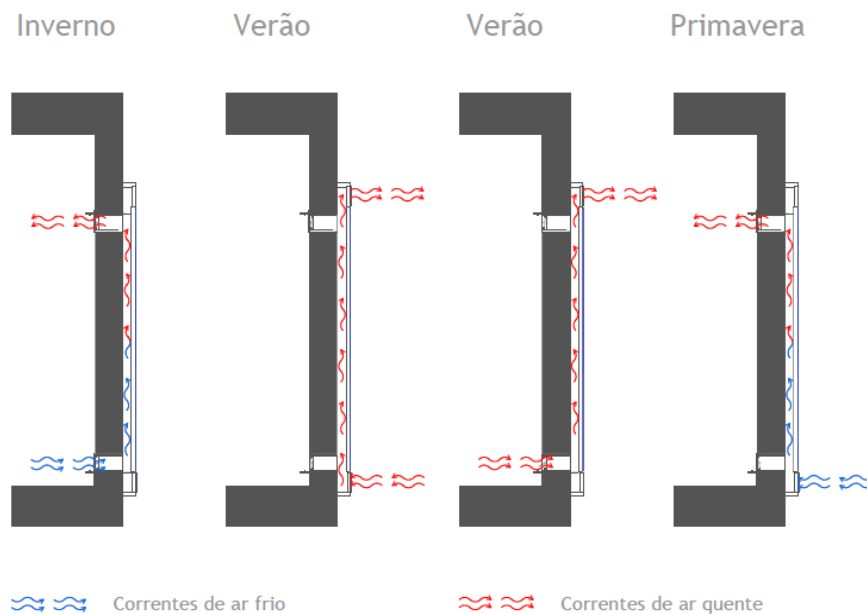


Figura 6.9 - Esquema do sistema de convecção do ar - Inverno, Verão e Primavera (adaptado INETI, 2005)

### 6.2.2.3 EVAPORAÇÃO

Com base no conceito de evaporação, apresentado no capítulo 3, o mesmo se aplicou no protótipo, através de um espelho de água localizado na parte sul do edifício com o objectivo arrefecer a fachada através da evaporação da água (figura 6.10).

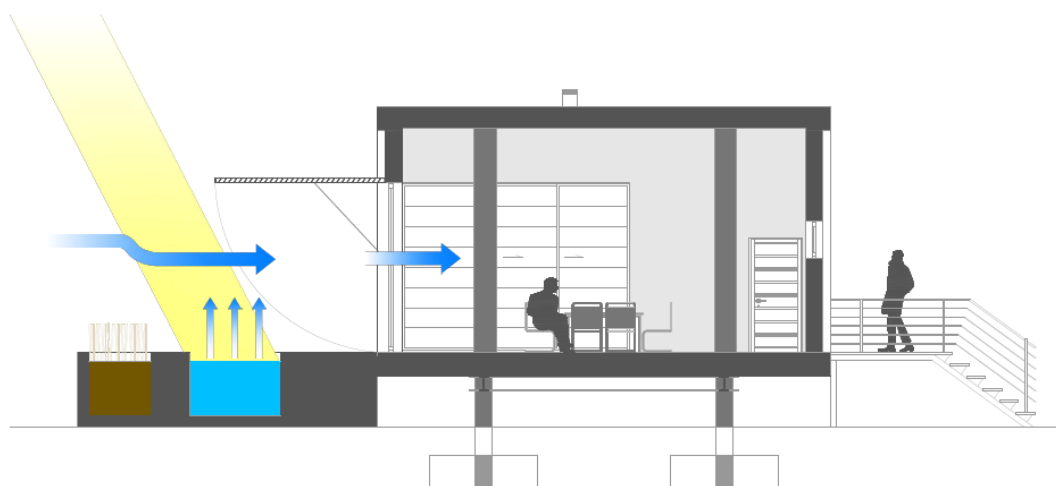


Figura 6.10 - Esquema do Sistema de Evaporação da Fachada Sul

### 6.2.3 ENERGIA

A regulação da energia no edifício é realizada com base na fórmula mencionada no capítulo 4:

$$\text{Consumo de Energia} = \text{Produção de energia} \\ (\text{Calor} + \text{Trabalho} + \text{Armazenamento de energia})$$

Portanto a quantidade de energia consumida pelo edifício deverá ser igual à quantidade produzida. A produção de energia é realizada através de painéis fotovoltaicos que cobrem na totalidade a cobertura do edifício e parcialmente a fachada Sul, sendo o total produzido destinado a (figura 6.11):

- Usos domésticos;
- Armazenamento.

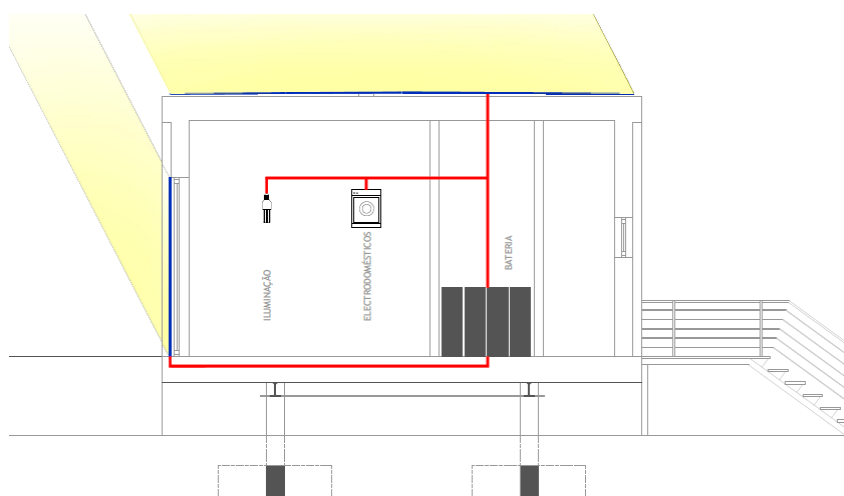


Figura 6.11 - Sistema de painéis fotovoltaicos para captação de energia solar

Como forma de poupar essa energia produzida, o sistema homeostático do edifício regista a quantidade total produzida, e o utilizador pode estabelecer um sistema de hierarquia para os equipamentos.

#### 6.2.4 VENTILAÇÃO

A renovação do ar interno do edifício é realizada através do sistema de ventilação natural cruzada no sentido Sul-Norte (figura 6.12).

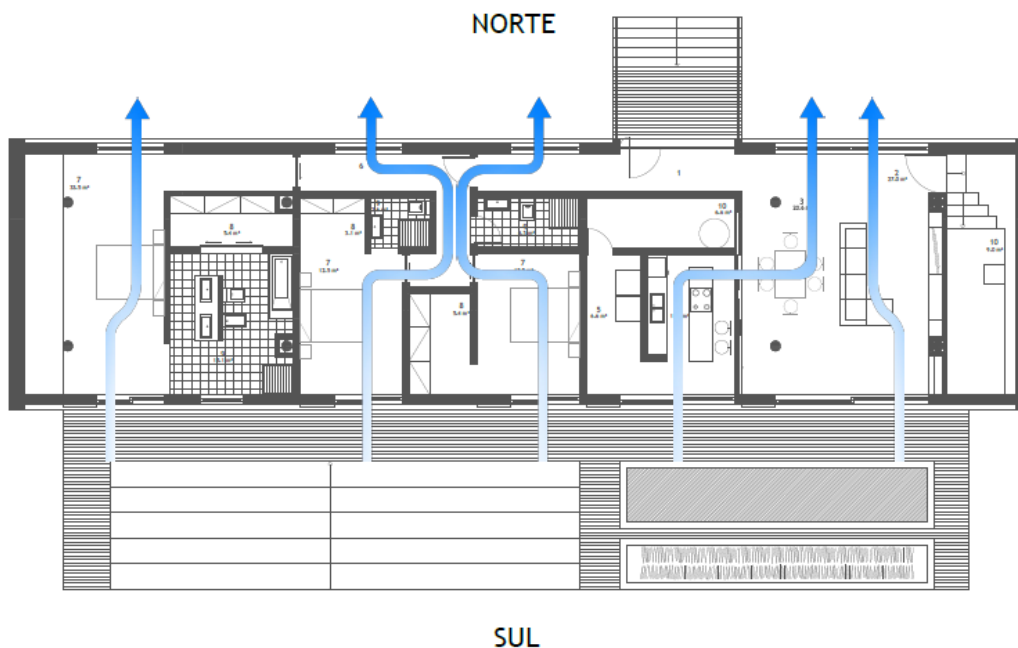


Figura 6.12 - Sistema de ventilação natural cruzada - eixo Norte-Sul

Além da ventilação natural, o protótipo ainda possui um sistema de ventilação forçada com recuperador de calor (figura 6.13).

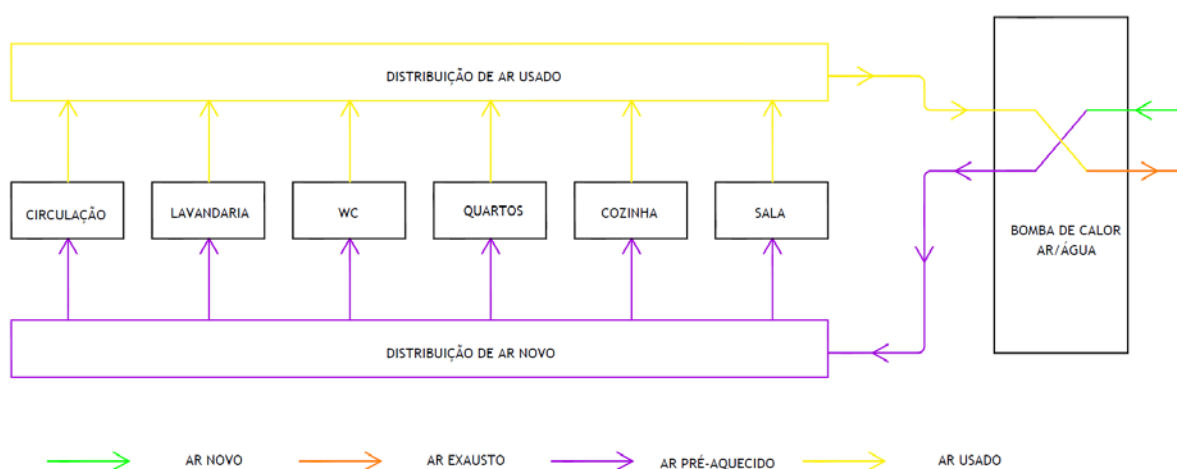


Figura 6.13 - Esquema da distribuição do ar no sistema de ventilação forçada

## 6.2.5 ÁGUA

Utilizando o mesmo conceito de difusão de líquidos realizado pelos rins, a regulação da água no edifício é realizada através de dois processos (figura 6.14):

- Controlo dos desperdícios - através de reservatórios que recolhem os desperdícios que posteriormente são filtrados e reutilizados no edifício;
- Aproveitamento da água das chuvas - recolhida em reservatórios e posteriormente filtrada e utilizada no edifício.

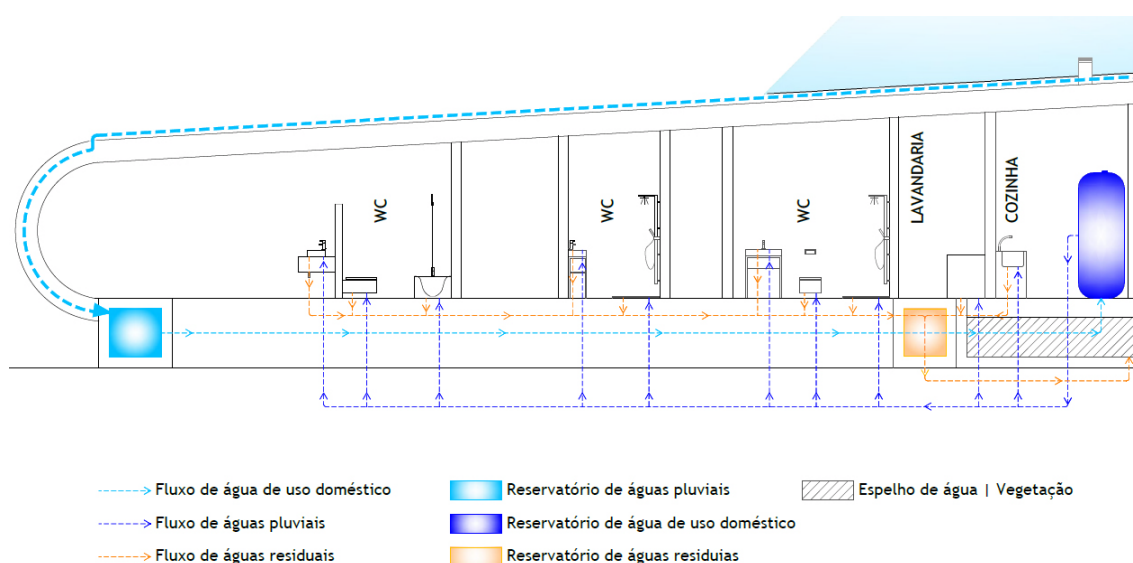


Figura 6.14 - Sistema de captação de águas pluviais, controlo de das águas residuais e distribuição de água potável do protótipo

O aquecimento das águas domésticas no edifício é feito através da recuperação, pela bomba de calor, da energia contida no ar que é expulso do edifício em forma de calor.

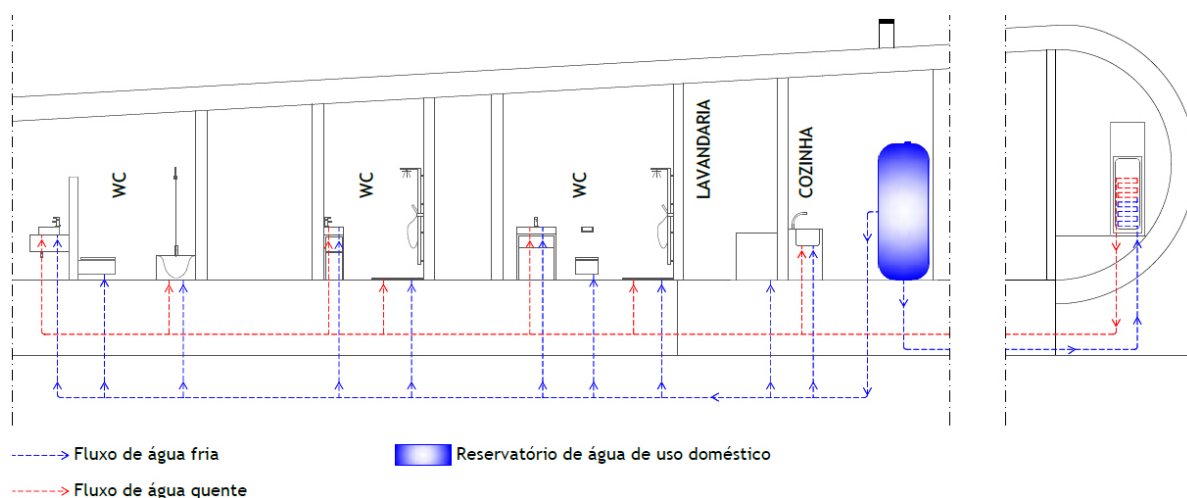


Figura 6.15 - Sistema de distribuição de águas domésticas quente/fria

A tecnologia utilizada consegue recuperar a energia existente no ar, em forma de calor, e utilizá-la para o aquecimento de águas (BA, 2010). A figura 6.15 mostra a distribuição de água quente e fria ao longo do protótipo.

O sistema de controlo homeostático regista a quantidade de água recolhida e consumida, pois assim como no corpo humano, é necessário haver um equilíbrio entre a quantidade de entrada e saída de água.

Outro aspecto também relacionado com a variável da água é o comportamento do protótipo em situações de inundações. Com base na tecnologia utilizada pela Waterstudio na Vivenda em Aalsmeer, apresentada no capítulo 5, desenvolveu-se um sistema que permite ao edifício acompanhar o aumento do nível da água a uma altura máxima de 3.5 m. A combinação entre estrutura metálica, painéis SIP (Structural Insulated Panels), betão leve estrutural e uma laje com núcleo de poliestireno expandido, sendo o último a chave para o funcionamento do sistema, resultou numa construção leve e resistente. Assim através de 8 pilares distribuídos ao longo do protótipo, o edifício pode subir e descer conforme o nível de água (figura 6.16).

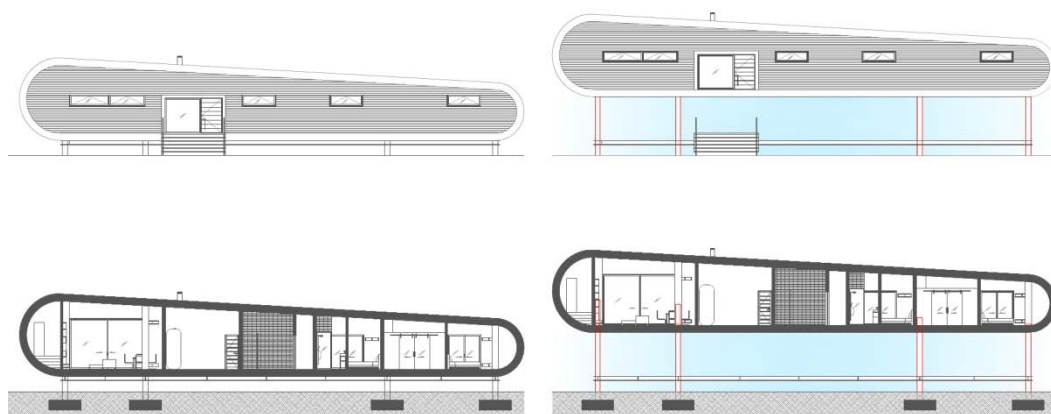


Figura 6.16 - Sistema de adaptação do protótipo em caso de inundações

## 6.3 METABOLISMO DO PROTÓTIPO

O metabolismo do protótipo será apresentado a seguir por esquemas que explicam o funcionamento do edifício durante as seguintes estações:

- Inverno - Dia/Inverno - Noite;
- Verão - Dia/Verão - Noite;
- Primavera e Outono - Dia/Primavera e Outono - Noite.

### 6.3.1 INVERNO - DIA / INVERNO - NOITE

No inverno, durante o dia o edifício é aquecido pelo sistema das “veias”, com a distribuição de água quente, e com a ventilação forçada com recuperador de calor.

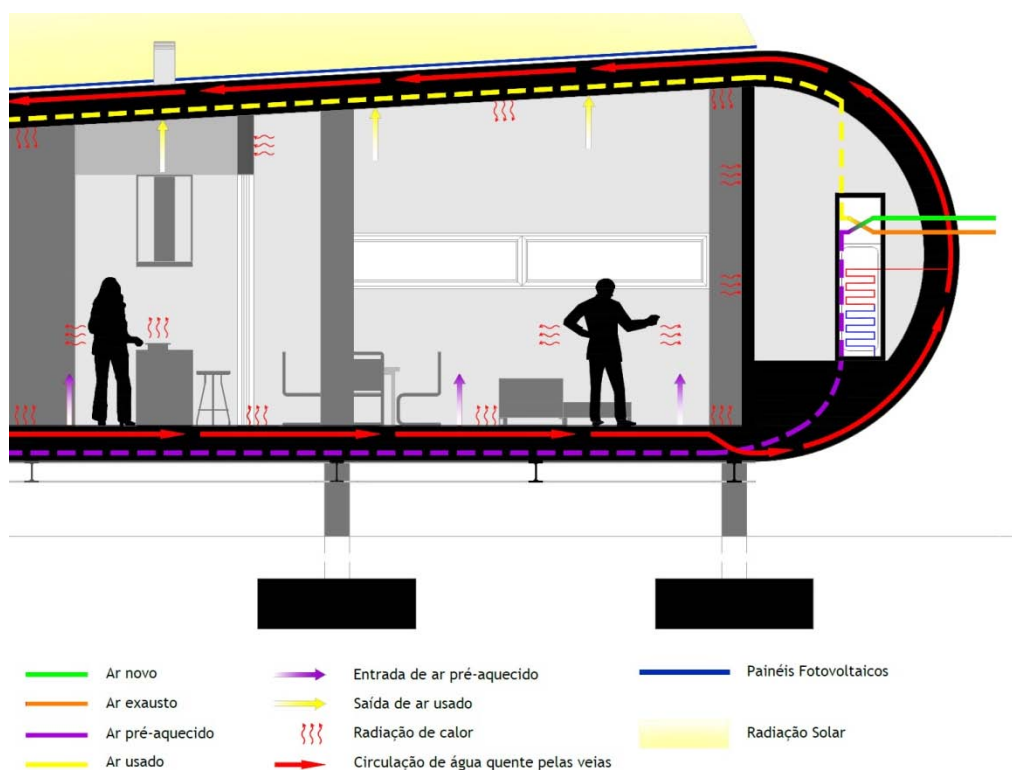


Figura 6.17 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia no inverno

As paredes interiores são revestidas com material de mudança de fase, que absorve e armazena a radiação de calor durante o dia e a liberta à noite. À noite o sistema de veias fica inactivo enquanto, o sistema de ventilação fica activo (figura 6.17 e 6.18).

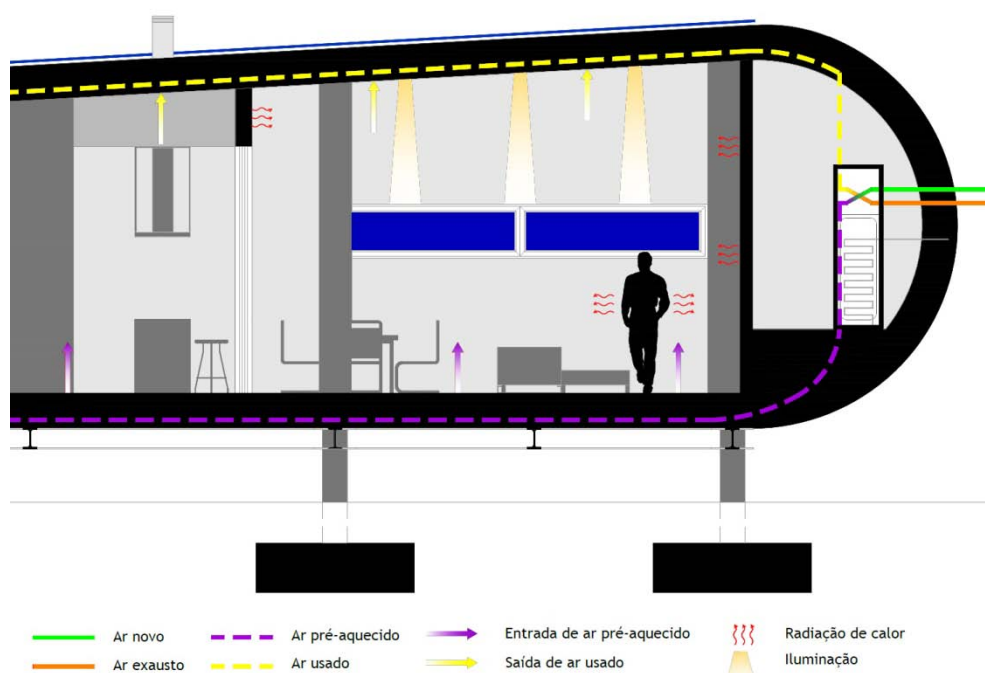


Figura 6.18 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite no inverno

### 6.3.2 VERÃO - DIA / VERÃO - NOITE

No verão durante o dia, o edifício é arrefecido pelo sistema das veias, com a distribuição de água fria, e pelo sistema de ventilação com recuperador de calor. Durante a noite, tanto o sistema das veias como o sistema de ventilação forçada ficam inactivos sendo o edifício arrefecido por ventilação natural (figura 6.19 e 6.20).

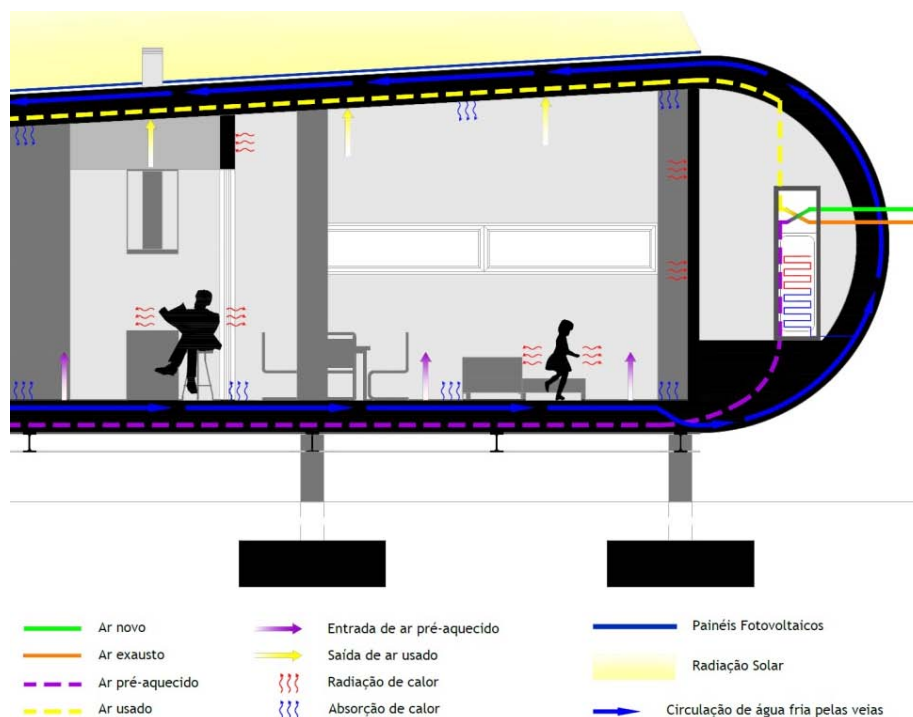


Figura 6.19 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia no verão

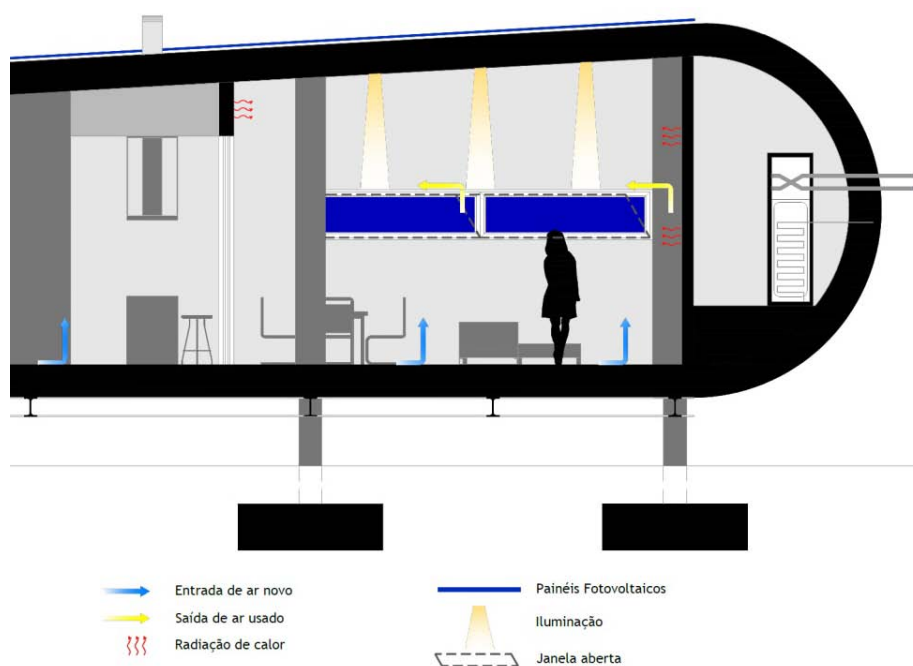


Figura 6.20 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite no verão

### 6.3.3 PRIMAVERA E OUTONO - DIA/PRIMAVERA E OUTONO - NOITE.

Na meia estação, durante o dia apenas a ventilação natural é utilizada. Os outros sistemas ficam inactivos. À noite o sistema de ventilação forçada é o único em funcionamento (figura 6.21 e 6.22).

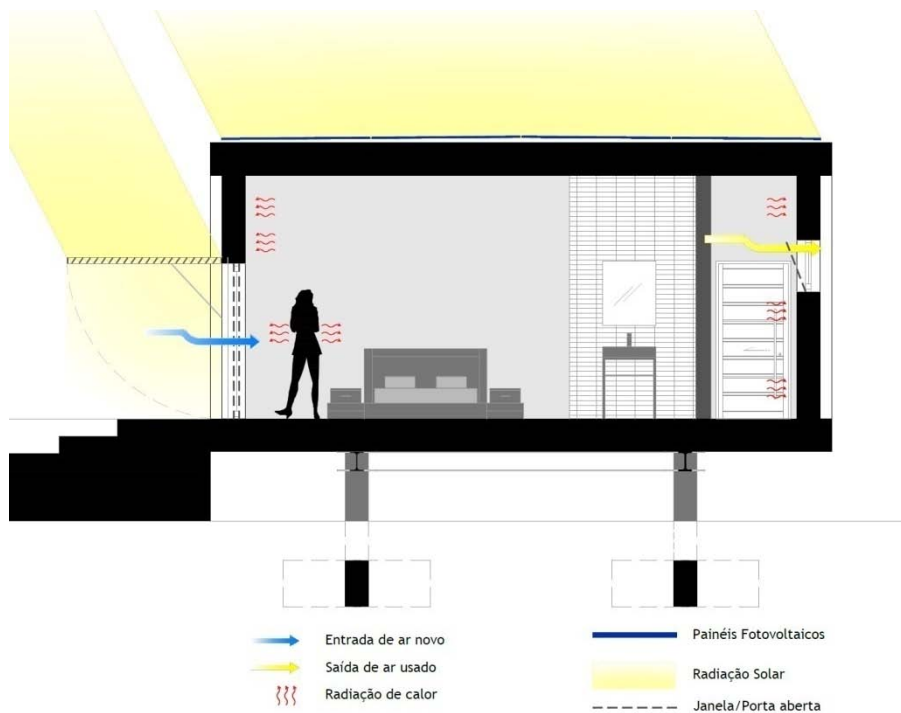


Figura 6.21 - Esquema do metabolismo do protótipo durante o dia na primavera/outono

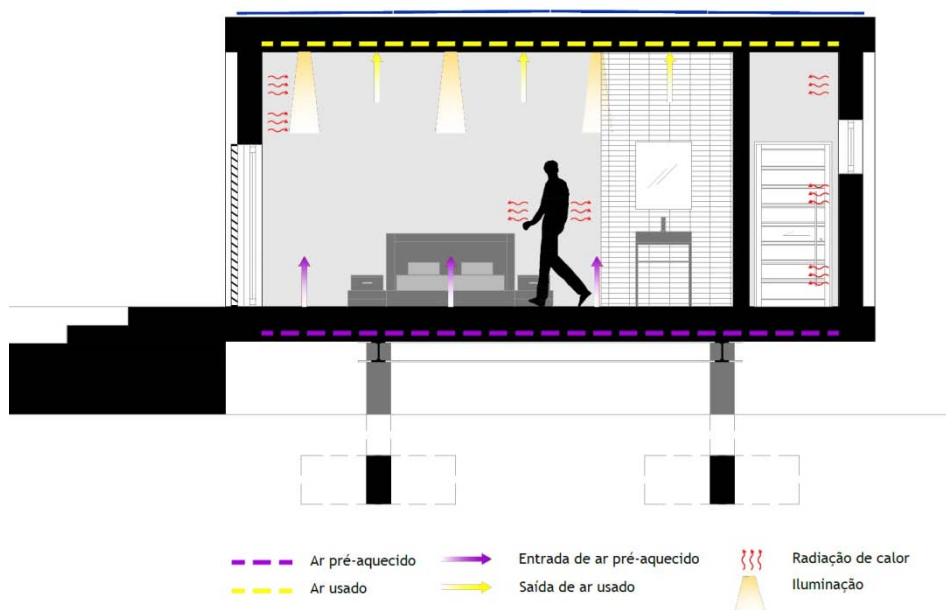


Figura 6.22 - Esquema do metabolismo do protótipo durante a noite na primavera/outono

## 6.4 CONCLUSÃO

Apresentou-se neste capítulo o protótipo de um Edifício Homeostático, composto por um conjunto de sistemas que em conjunto permitem ao protótipo adaptar-se às mudanças que ocorrem na sua envolvente. Desenvolveu-se assim, uma arquitectura que reage a estímulos exteriores como forma de regular o seu ambiente interno, não comprometendo o conforto dos seus ocupantes.

Como foi atrás referido, no capítulo 2, a arquitectura tem um grande impacto nas alterações climáticas, sendo responsável por cerca de 40% do consumo total de energia e por 36% do total de emissões de CO<sup>2</sup> na União Europeia. Por esse motivo, o protótipo foi concebido de forma a ter uma eficiência energética de 100%, com o objectivo de reduzir as emissões de GEE.

Apresentaram-se todos os sistemas implementados no protótipo, assim como os esquemas ilustrativos do seu funcionamento.

Em Anexo encontram-se as peças desenhadas do protótipo, nomeadamente as plantas, alçados, cortes e pormenores construtivos.



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO .....	95
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95
7.2 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO .....	96

## 7. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais que se extraíram do estudo desenvolvido sobre a homeostase na arquitectura. Apresentam-se ainda algumas direcções para desenvolvimentos futuros, relacionadas com o tema da dissertação.

A realização deste trabalho foi uma experiência desafiante e de interesse para o autor, pois permitiu a aquisição de novos conhecimentos, bem como a criação de novos conceitos e ideias úteis para o âmbito da arquitectura. Foi também útil para uma melhor compreensão sobre os efeitos que as alterações climáticas poderão ter sobre a arquitectura e vice-versa.

A investigação realizada levou ao desenvolvimento de uma abordagem metodológica para a concepção da arquitectura homeostática, que posteriormente foi aplicada no desenvolvimento da proposta.

### 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da presente dissertação teve como objectivo central o estudo da homeostase na arquitectura como forma de adaptar os edifícios às mudanças causadas pelas alterações climáticas.

Os cenários apresentados sobre as alterações climáticas sugerem que, os edifícios serão alvos de impactos que podem comprometer a segurança e o bem-estar dos seus ocupantes. Assim, a adaptação passa a ser uma medida de grande importância a ser tida em conta na construção de novos edifícios. Por conseguinte, o estudo desenvolvido nesta dissertação, apela por uma mudança na forma como construímos, sendo necessária a substituição das antigas práticas por novas que visam minimizar os efeitos que as alterações climáticas poderão ter nos edifícios.

Por outro lado, os estudos mostram que a emissão de GEE para a atmosfera é a principal causa das alterações climáticas. O consumo energético está associado a essas emissões, devido à utilização de energia proveniente de fontes fósseis e o sector dos edifícios tem grande impacto no cenário das alterações climáticas, pois é responsável por 48% do consumo total de energia nos Estados Unidos e 40 e 36%, respectivamente ao consumo total de energia e emissões de CO<sup>2</sup>, na União Europeia.

Pelas razões apontadas é necessário diminuir o consumo energético, dos edifícios, associado às emissões de GEE. Tal é possível através do desenvolvimento de projectos que substituam a energia de fontes fósseis utilizada por energias de fontes renováveis. Neste contexto a proposta apresentada contribui para a minimização, ou pelo menos para o não aumento das emissões de GEE, visto tratar-se de uma solução 100% eficiente do ponto de vista energético.

O estudo dos diferentes mecanismos da homeostase resultou no desenvolvimento do conceito de uma arquitectura homeostática, capaz de reagir a estímulos exteriores mantendo em equilíbrio dinâmico o seu ambiente interno através da regulação das suas variáveis: temperatura, energia, ventilação e água. Com o recurso à tecnologia, essa regulação é realizada através de um sistema de controlo homeostático, que regula os demais sistemas do edifício, assegurando assim o conforto dos ocupantes.

Com base nesse conceito de uma arquitectura homeostática desenvolveu-se o protótipo de um edifício homeostático, composto por um conjunto de sistemas, relativos às variáveis acima mencionadas, que em conjunto regulam o ambiente interno do edifício. A solução construtiva do protótipo resultou numa construção leve e resistente capaz de reagir aos estímulos exteriores.

## 7.2 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

A realização deste estudo permitiu estabelecer um conjunto de direcções e temas de futuras investigações, no âmbito da dissertação, tendo em conta que os assuntos nela abordados não se esgotaram e abrem caminho a novas perspectivas de investigação futura.

A título de exemplo propõe-se as seguintes direcções de investigação na sequência do estudo realizado:

- Melhorar o protótipo que foi desenvolvido através da criação de sistemas baseados no conceito da homeostase, especificamente através da analogia entre o corpo humano e o edifício, apresenta-se como interesse a continuação do estudo e desenvolvimento de novos sistemas;
- Realização do mesmo estudo utilizando modelos homeostáticos diferentes do corpo humano;
- Adaptação dos sistemas desenvolvidos no protótipo em edifícios de outras tipologias;
- Desenvolvimento de um modelo de estudo para a realização de simulações dos diferentes sistemas do protótipo;
- Além do modelo de estudo, propõe-se a construção de um modelo real onde o desempenho e eficiência do protótipo poderão ser testados;
- Elaboração de um guia metodológico para a introdução de aspectos homeostáticos na arquitectura.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Agência Portuguesa do Ambiente (APA), 2009. *Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)*. Disponível em: <http://www.apambiente.pt> [acedido em Dezembro, 2009].

Agência Portuguesa do Ambiente (APA), 2009a. *Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE)*. Disponível em: <http://www.apambiente.pt> [acedido em Dezembro, 2009].

American Institute of Architects (AIA), 2010. *Special No. 9 House*. Disponível em: <http://www.aiaopten.org>. [acedido em Maio, 2010].

Apollonio, U., 2001. *Futurist Manifestos*. Boston, ISBN: 0-87846-627-4.

Architecture 2030 (A2030), 2009. *Edward Mazria Biography*. Disponível em: <http://www.architecture2030.org/>. [acedido em Dezembro, 2009].

Architecture 2030 (A2030), 2010. *Architecture 2030*. Disponível em: <http://www.architecture2030.org/>. [acedido em Fevereiro, 2010].

Architecture Week (AW), 2009. *Greenbuild Report 2009*. Disponível em: <http://www.architectureweek.com>. [acedido em Dezembro, 2009]

Artic Monitoring and Assessment Programme, (AMAP), 2009. *Summary - The Greenland Ice Sheet in a Changing Climate: Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2009*. Oslo. 22 pp. ISBN 13 978 82 7971 053 0.

Barry, W., 2009. *Thinking Architecture*. Disponível em: <http://www.arch.calpoly.edu>. [acedido em Março, 2009].

Barth e Aleixo (BA), 2010. *Aproveite a energia disponível na natureza- Bombas de Calor*. Disponível em: <http://www.barth-aleixo.com>. [acedido em Outubro, 2010].

BBC Weather Centre (BBC), 2009. *Buildings and Climate Change*. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/climate/adaptation/buildings.shtml>. [acedido em Dezembro, 2009].

Building Futures e Institution of Civil Engineers (BF e ICE), 2010. *Facing up to Rising Sea Levels: Retreat ? Defend? Attack?*. <http://www.buildingfutures.org.uk/>. [acedido em Janeiro, 2010]

Bertalanffy, L., 1973. *Teoria Geral dos Sistemas*. Editora Vozes, Petrópolis.

Cannon, W., 1929. *Organization for physiological homeostasis*. *Physiological Reviews*, Vol. IX, Nº3, Laboratórios de Fisiologia da Faculdade de Medicina, Harvard, 399-431."

Cannon, W., 1932. *The Wisdom of the Body*. 1ª edição, W.W. Norton & Company, Nova Iorque.

---

Capon, R., Hacker, J., (Capon e Hacker), 2009. *Modelling climate change adaptation measures to reduce overheating risk in existing dwellings*. Glasgow, Escócia. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/>. [acedido em Janeiro, 2010].

Climate You (CY), 2009. *Climate Change Impacts by Region*. Disponível em: <http://www.climateyou.org>. [acedido em Novembro, 2009].

Climatico Analysis (CA), 2010. *Copenhagen De-briefing. An Analysis of COP15 for Long-term Cooperation*. Disponível em: <http://www.climaticoanalysis.org>. [acedido em Março, 2010].

CO<sub>2</sub>Now (CO<sub>2</sub>Now), 2010. *Atmospheric CO<sup>2</sup> for February 2010*. Disponível em: <http://co2now.org>. [acedido em Março, 2010].

Comissão Europeia (CE), 2006. *EU Action against Climate Change - The European Climate Change Programme*. ISBN 92-79-00411-5. 20pp.

Comissão Europeia (CE), 2007. *Compreender os gases de efeito de estufa*. Disponível em: <http://ec.europa.eu/>. [acedido em Novembro, 2009].

Comissão Europeia (CE), 2008. *Duas vezes 20 até 2020 - As Alterações Climáticas, uma oportunidade para a Europa*. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. COM(2008) 30 final. Bruxelas, 23 de Janeiro de 2008. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/> [acedido em Novembro, 2009].

Comissão Europeia (CE), 2008a. *Energy efficiency for the 2020 goal*. Disponível em: <http://europa.eu>. [acedido em Novembro, 2009].

Comissão Europeia (CE), 2009. *Acção da UE contra as Alterações Climáticas*. Disponível em: <http://ec.europa.eu>. [acedido em Novembro, 2009]

Comissão Europeia (CE), 2010. *Alterações climáticas: a União Europeia notifica os seus objectivos de redução das emissões na sequência do Acordo de Copenhaga*. Disponível em: <http://europa.eu>. [acedido em Março, 2010].

Coutinho, J., 2006. *Materiais de mudança de fase para isolamento térmico e armazenamento de energia*. Disponível em: <http://path.web.ua.pt>. [acedido em Outubro, 2010].

Daintith, John. 2005. *A Dictionary of Science*. 5ª edição, Imprensa da Universidade de Oxford. ISBN 978-0-19-280641-3.

Davies, J., 2006. *Managing the Effects of Nanotechnology*. Disponível em: <http://www.wilsoncenter.org>. [acedido em Setembro, 2010].

- Dicionário Integral da Língua Portuguesa (DILP), 2010. Editora Texto, ISBN 978-972-47-3957-1.
- Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), 2010. *Caracterização energética nacional*. Disponível em: <http://www.dgge.pt/> [acedido em Março, 2010].
- European Environment Agency (EEA), 2008. *Final energy consumption by sector*. Abril, 2008. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/> [acedido em Dezembro, 2010].
- European Environment Agency (EEA), 2009. *Signals 2009 - Key Environmental Issues Facing Europe*. ISBN 978-92-9167-381-0.
- European Environment Agency (EEA), 2009a. *Data base viewer*. Disponível em: <http://dataservice.eea.europa.eu/> . [acedido em Dezembro, 2009].
- Eficiência Energética em Edifícios (EEE), 2007. *Factos e Tendências, Relatório Síntese*. Disponível em : <http://www.wbcsd.org> [acedido em Dezembro, 2009].
- Eigen Huis & Interieur (EHI), 2005. *Hightech Watervilla in Aalsmeer*. Disponível em: <http://www.waterstudio.nl>. [acedido em Maio, 2010].
- Estratégia Nacional para a Energia (ENE), 2010. *Plano Novas Energias*. Disponível em: <http://www.portugal.gov.pt>. [acedido em Março, 2010].
- Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS), 2008. *1º Relatório Intercalar de Execução*. Disponível em: <http://www.planotecnologico.pt>. [acedido em Janeiro, 2010].
- Fletcher, M., 2004. *Islands, Contemporary architecture on water - Watervilla*. Disponível em: <http://www.waterstudio.nl>. [acedido em Maio, 2010].
- Great Buildings Online (GBO), 2010. *Jacobs House, Middleton*. Disponível em: <http://www.greatbuildings.com>. [acedido em Outubro, 2010].
- Guyton, A., 1988. *Fisiologia Humana*. Editora Guanaraba Koogan S.A. Rio de Janeiro. ISBN 85 201 0230 1.
- Guyton, A., Hall, J., 2006. *Text Book of Medical Physiology*. Editora Elsevier Sanders, ISBN 0-7216-0240-1.
- Hallman, R., 2005. *The Living Environment Biology*. ISBN 0-87720-944-8.
- Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), 2005. *Edifício Solar XXI- Um edifício energeticamente eficiente em Portugal*.
- Infopedia - Dicionários e Enciclopedia (IED), 2009. *Equilíbrio Dinâmico*. Porto Editora. Disponível em: <http://www.infopedia.pt>. [acedido em Outubro, 2009].

---

Infopedia - Dicionários e Enciclopedia (IED), 2009. *Ludwig von Bertalanffy*. Porto Editora. Disponível em: <http://www.infopedia.pt>. [acedido em Outubro, 2009].

Institute for Partnership Development (IPD), *Organizational Development - Open Systems*. Disponível em: [<http://preventiontraining.samhsa.gov/cti02/17H-ode1.htm>]. [acedido Março, 2010].

International Energy Agency (IEA), 2008. *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings*. Disponível em: <http://www.iea.org/>. [acedido em Janeiro, 2010].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 104 pp. Disponível em: <http://www.ipcc.ch> [acedido em Novembro, 2009].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007a: *Global Climate Projections. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996 pp. Disponível em: <http://www.ipcc.ch> [acedido em Novembro, 2009].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007b: *Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996 pp. Disponível em: <http://www.ipcc.ch> [acedido em Novembro, 2009].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007c: *Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996 pp. Disponível em: <http://www.ipcc.ch> [acedido em Novembro, 2009].

International Energy Agency (IEA), 2008. *Energy Efficiency Requirements in Building codes, Energy Efficiency Policies for new Buildings*. 85p., Março, 2008. Disponível em: <http://www.iea.org/> [acedido em Janeiro, 2010].

Kerry, J., 2009. *John Kerry on Climate Change* Disponível em: <http://kerry.senate.gov>. [acedido em Janeiro, 2009].

Le Corbusier, 2002. *Por uma Arquitetura*. Editora Perspectiva, São Paulo.

Lee, C., 2008. *The Thermal Organism and Architecture*. BIOS Design Collective.

- Lu, J., G. A. Vecchi, and T. Reichler, 2007. *Expansion of the Hadley cell under global warming*. Disponível em: <http://www.agu.org/>, [acedido em Novembro, 2010].
- Marieb, E. e K. Koehn. *Human anatomy and physiology*. 7ª ed., Pearson Benjamin Cummings, 2007.
- Managh, G., 2007. *Architecture and Climate Change: An interview with Ed Mazria*. Disponível em: <http://bldgblog.blogspot.com>. [acedido em: Novembro, 2009].
- Maturama, H., Varela, F., 1980. *Autopoiesis and Cognition. The realization of the living*. D. Reidel publishing company. ISBN 90 277 1016 3. Inglaterra
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), 2006. *Decreto-Lei nº71/2006 de 24 de Março*. Diário da República 1ª Série-A - Nº60, 2209-2210.
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), 2009. *Políticas para as Alterações Climáticas*, 1ª edição, ISBN 978-989-8097-12-5.
- Nanosolar, 2010. *Ground Mounted*. Disponível em: <http://www.nanosolar.com>. [acedido em Setembro, 2010].
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2001. *The Carbon Cycle*. Disponível em: <http://earthobservatory.nasa.gov>. [acedido em Novembro, 2009].
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2005. *What's the Difference Between Weather and Climate?*. Disponível em: <http://www.nasa.gov>. [acedido em Novembro, 2009].
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2010. *The greenhouse effect*. Disponível em: <http://climate.nasa.gov>. [acedido em Abril, 2010].
- Niels Bohr Institute (NBI), 2009. *Sea Level Rise of one meter within 100 years*. Disponível em: <http://www.nbi.ku.dk>. [acedido em Novembro, 2009].
- NHBC Fundation (NHBC), 2007. *Climate Change and Innovation in House Building - Designing out risk*. ISBN 978-1-86081-987-2.
- Nachhaltig Wirtschaften (NWK), 2005. *The "Schiestlhaus" in the hochschwab region -Alpine refuge using passive house technology*. Disponível em: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>. [acedido em Maio, 2010].
- Nachhaltig Wirtschaften (NWK), 2006. *Schiestlhaus am Hochschwab 2154 m*. Disponível em: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>. [acedido em Maio, 2010].

---

Open Street Map (OSM), 2010. Disponível em: <http://www.openstreetmap.org/>. [acedido em Maio, 2010].

Paiva, A., 1995. *A Framework for the Evaluation of Quality of Dwellings*. Tese de Doutoramento, Bristol.

Preiffer, B., 2002. *Frank Lloyd Wright*. Editora Taschen. ISBN 3-8228-2031-8.

Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), 2001. *Programa Nacional para as Alterações Climáticas*, Instituto do Ambiente, ISBN 972 8419 59 7.

Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética (PNAEE), 2008. *Portugal Eficiência 2015*. Versão para discussão pública. 15p. Disponível em: <http://www.portugal.gov.pt>. [acedido em Novembro, 2009].

Presidência do Conselho de Ministros (PCM), 2006. *Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto*. Diário da República, 1.ª série – N.º 162, pp. 6042-6056.

Presidência do Conselho de Ministros (PCM), 2008. *Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008, de 4 de Janeiro*. Diário da República, 1.ª Série – N.º 3, pp. 106-141.

Presidência do Conselho de Ministros (PCM), 2008a. *Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio*. Diário da República, 1.ª Série – N.º 97, pp. 2824-2865.

Presidência do Conselho de Ministros (PCM), 2009. *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009, de 20 de Fevereiro*. Diário da República, 1.ª Série – N.º 36, pp. 1165.

Presidência do Conselho de Ministros (PCM), 2010. *Comunicado do Conselho de Ministros de 18 de Março de 2010*. Disponível em: <http://www.portugal.gov.pt>. [acedido em Março, 2010].

Pretlove, S.E.C. and Oreszczyn, T., 1998. *Climate change: Impact on the environmental design of buildings*. *Building Services Engineering Research & Technology*, Vol.19(1) 55 - 58. ISSN 01436244. Disponível em: <http://eprints.ucl.ac.uk/> [acedido em Dezembro 2009].

Renewable Power News (RPN), 2009. *How Solar Panels are produced At Nanosolar Technology*. Disponível em: <http://www.renewablepowernews.com>. [acedido em Outubro, 2010].

Smith, J. et al., 2009. *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ‘‘reasons for concern’’*. *Proc Natl Acad Sci USA*, vol. 106, 4133-4137.

Smith, P., 2005. *Architecture in a Climate of Change*. 2ª edição. ISBN 0 7506 65440.

Steffen, W., 2009. *Climate change 2009 Faster change and more serious risks*. 2009. Disponível em: <http://www.anu.edu.au> [acedido em Novembro 2009].

Stern, N. 2006. *Stern Review on the Economics of Climate Change. Part V: Policy Responses for Adaptation*, 404-415.

Tree Hugger (TH), 2010. *Awesome Biomimicry: Leaf Veins Inspire New Model for Water and Electricity Distribution Networks*. Disponível em: <http://www.treehugger.com>. [acedido em Março, 2010].

Tree Hugger (TH), 2010a. *Space-Age Tech Coming to a Building Near You: Aerogel as Insulation*. Disponível em: <http://www.treehugger.com>. [acedido em Março, 2010].

Tree Hugger (TH), 2010b. *Space Forget Energy Star and LEED, Green Building is Passivhaus*. Disponível em: <http://www.treehugger.com>. [acedido em Abril, 2010].

Thomson, I., 2000. *Frank Lloyd Wright - A Visual Encyclopedia*. 3ª Edição, ISBN 978-1571451873.

United Nations Environment Programme (UNEP), 2004. *Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe*. Environment Alert Bulletin. Disponível em: <http://www.grid.unep.ch>. [acedido em Março, 2010].

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 1998. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. 20pp.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2009. *Kyoto Protocol*. Disponível em: <http://unfccc.int>. [acedido em Janeiro, 2010].

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2009a. *Status of Ratification of the Kyoto Protocol*. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto> [acedido em Fevereiro, 2010].

Watson, R., Fawcett, T., 2003. *Pathophysiology, Homeostasis and Nursing*. 1ª edição, Routledge, ISBN 0 415 27550 4.

Widmaier, E., Raff, H., e Strang, K., 2004. *Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. 9ª Edição, ISBN 0-07-288074-0.

Wilde P, Beck M. and Rafiq M. Y., 2008. *Visualisation of the impact of climate change on the cooling requirements of domestic buildings in the United Kingdom*. 423-432.

---

World Energy Council (WEC), 2007. *Climate Change Policies and Measures - Portuguese National Assessment*. Disponível em: <http://www.worldenergy.org/>. [acedido em Janeiro, 2010].

Wouters, B., D. Chambers, and E. J. O. Schrama, 2008. *GRACE observes small-scale mass loss in Greenland*. Disponível em: <http://www.agu.org/>. [acedido em: Janeiro 2010].

Wedawatta, G., Ingirige, B. e K., Jones, 2009. *8th Workshop and Meeting CIB W108 - Climate Change and Construction Sector SMEs: Vulnerability, Consequences and Resilience*. Milão, Itália.

# ANEXOS

---

<b>ANEXOS.....</b>	<b>109</b>
A.1 MEMÓRIA DESCRITIVA .....	109
A.A.1 Introdução.....	109
A.A.2 Generalidades .....	109
A.A.3 Solução Estrutural, Construtiva e Acabamentos.....	110
A.2 PEÇAS DESENHADAS DO PROTÓTIPO.....	112

---

# ANEXOS

## A.1 MEMÓRIA DESCRITIVA

### A.A.1 INTRODUÇÃO

A proposta de edifício homeostático que se apresenta foi desenvolvida para o hemisfério Norte, em particular para regiões com verões e invernos rigorosos e regiões com risco de inundações.

Tendo em conta as condições climáticas dessas regiões o protótipo foi concebido de forma a reagir às alterações que podem ocorrer na sua envolvente, de forma a adaptar-se a novas condições.

### A.A.2 GENERALIDADES

Uma das linhas de orientação para a concepção do protótipo, foi a definição do tipo de tipologia que se pretendia projectar. Optou-se por uma moradia unifamiliar de um piso, orientada num eixo este-oeste, com o objectivo de potenciar os ganhos solares no Inverno e reduzi-los no verão. Assim, a fachada sul apresenta vãos amplos com protecções exteriores e interiores, enquanto a fachada norte apresenta áreas de vãos mais reduzidas e as fachadas este e oeste são projectadas todas sem aberturas de vãos.

A moradia é composta por:

- 1 Sala de estar;
- 1 Sala de jantar;
- 1 Cozinha;
- 1 Lavandaria;
- 3 Quartos;
- 3 Instalações sanitárias;
- 2 Casas de máquinas.

Ao longo da fachada sul localizam-se os quartos e as zonas comuns, ficando as áreas de circulação localizadas ao longo da fachada norte.

Como elo de ligação entre o edifício e a sua envolvente, criou-se um espaço de lazer na parte sul do protótipo, permitindo assim uma extensão do interior para o exterior e vice-versa.

O protótipo é composto por um conjunto de sistemas baseados no conceito de uma arquitectura homeostática em que, o edifício para manter o seu ambiente interno num

---

equilíbrio dinâmico necessita de um sistema de controlo homeostático que regula os demais sistemas das variáveis: temperatura, energia, ventilação e água.

A regulação da temperatura no protótipo é realizada através da radiação, convecção/condução e evaporação.

Para regular os efeitos da radiação, o protótipo possui um conjunto de tubos orientados no eixo este-oeste, integrados nas paredes da fachada este, oeste, cobertura e laje. Através de uma bomba de calor ar/água, água fria/quente é distribuída pelos tubos aquecendo/arrefecendo a habitação consoante a estação. A configuração dos tubos é baseada nos vasos sanguíneos do corpo humano e na distribuição das nervuras de uma folha.

Para regular a convecção/condução, aplicou-se na fachada sul o sistema de convecção do ar através do uso de painéis fotovoltaicos. O sistema é composto por um espaço posterior aos painéis fotovoltaicos e por dois orifícios, inferior e superior, que são controladas manualmente consoante a estação.

Para regular evaporação, foi implementado um espelho de água na parte sul do edifício com o objectivo de arrefecer a fachada através da evaporação da água.

Relativamente à produção de energia, o sistema é composto um conjunto de painéis fotovoltaicos que cobrem na totalidade a cobertura do protótipo e parcialmente a fachada sul. Toda energia produzida é destinada a usos domésticos e armazenamento.

A variável da ventilação é composta por dois sistemas de ventilação: ventilação natural e ventilação forçada.

Por último, o abastecimento de água é composto por um sistema de controlo de desperdícios e aproveitamento das águas pluviais. Em situações de inundação o protótipo possui um sistema de adaptação que permite ao edifício acompanhar a elevação do nível da água.

### **A.A.3 SOLUÇÃO ESTRUTURAL, CONSTRUTIVA E ACABAMENTOS**

O protótipo foi concebido de forma a ser uma construção leve e resistente, através do uso de estrutura metálica, painéis SIP e betão leve estrutural.

Estando elevado, a uma distância de 90 cm, o edifício toca o terreno em apenas 8 pontos correspondentes aos pilares distribuídos ao longo do eixo este-oeste. Ligadas aos pilares, prevê-se um conjunto de vigas metálicas distribuídas ao longo da base do protótipo.

A escadaria de acesso ao edifício, localizada na fachada norte, tem como base uma estrutura metálica. Os corrimãos são de alumínio e os degraus de madeira. Relativamente à área exterior localizada na fachada sul, tem o piso todo revestido de madeira e é composta por um

espelho de água, um espaço reservado à vegetação e dois reservatórios de recolha e tratamento de águas.

As paredes exteriores das fachadas norte e sul são compostas por painéis SIP de 30 cm, com revestimento exterior em ripas de madeira, e revestimento interior em painéis de material de mudança de fase. As das fachadas este e oeste são compostas por painéis SIP de 10 cm (no interior), chapa metálica e betão leve estrutural com reboco exterior pintado.

As paredes interiores do protótipo são compostas por painéis SIP que variam entre 20, 15 e 10 cm, revestidas com painéis de material de mudança de fase à excepção da cozinha e das instalações sanitárias que são revestidas de azulejos.

Os vãos exteriores são em caixilharia de alumínio, com vidro duplo, sendo que o controle de luz natural é realizado com protecções exteriores, com estrutura de alumínio e madeira, e com a utilização de cortinados interiores. Os vãos interiores são em madeira com o mínimo de 80 cm de largura.

A cobertura tem uma inclinação de 3° ao longo do eixo Este-Oeste, como forma de maximizar o aproveitamento da água das precipitações. É composta por betão leve estrutural reforçado com fibra de vidro, chapa metálica e vigas metálicas distribuídas em todo o seu comprimento. A estrutura metálica é oculta através da utilização de tecto falso em todo o edifício.

A laje é composta por uma estrutura metálica e betão leve estrutural reforçado com fibra de vidro com um núcleo de poliestireno expandido que, com a subida do nível das águas em caso de inundação permite ao protótipo subir e descer ao longo dos 8 pilares atingindo uma altura máxima de 3.5 m.

Os pisos são revestidos com madeira à excepção das instalações sanitárias em que são revestidos com mosaicos cerâmicos.

Na cobertura e na laje é utilizado como isolamento térmico o aerogel com espessura de 10 mm, devido às suas características particulares nomeadamente à baixa condutividade térmica, flexibilidade e resistência à compressão.

Relativamente à utilização de painéis fotovoltaicos no protótipo, a sua implementação é feita através de um sistema de montagem distribuído ao longo da cobertura onde é instalado o conjunto de painéis com espessura de 7 mm.

Na fachada sul, a utilização dos painéis fotovoltaicos é feita através da sua aplicação directa na fachada. Esses painéis fazem parte do sistema de convecção do ar, tendo sido escolhidas 5 zonas específicas na fachada para a sua aplicação:

- Quartos;

- 
- Cozinha;
  - Sala de estar/jantar.

## A.2 PEÇAS DESENHADAS DO PROTÓTIPO

Lista das peças desenhadas:

- Planta da cobertura;
- Planta do piso 0;
- Alçado Norte | Corte AA' ;
- Alçado Sul | Corte BB' ;
- Alçado Este | Alçado Oeste;
- Corte CC' | Corte DD' ;
- Corte EE' | Corte FF' ;
- Pormenor construtivo - Corte FF' ;
- Pormenor Laje | Pormenor Cobertura;
- Planta cotada do piso 0;
- Corte AA'cotado | Corte BB' cotado;
- Corte CC' cotado | Corte DD'cotado;
- Corte EE' cotado | Corte FF'cotado;
- Pormenor construtivo - Corte FF' cotado;
- Axonometria



UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Painéis Fotovoltaicos
-  Espelho de água
-  Ripas de madeira
-  Vegetação

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

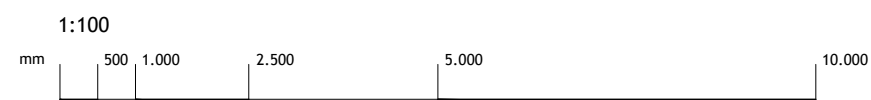
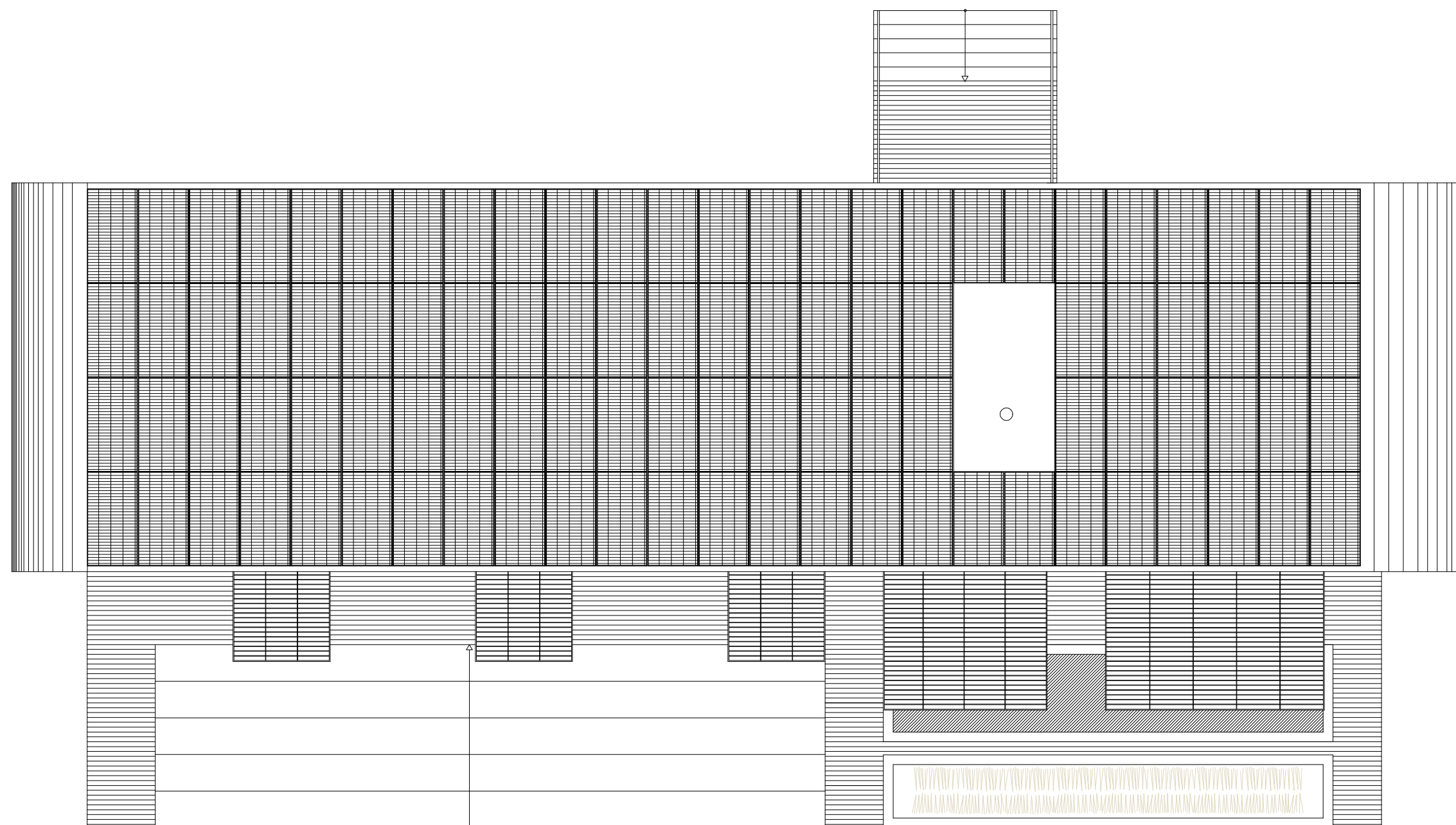
DESIGNAÇÃO:

PLANTA DA COBERTURA

ESCALA  
1:100

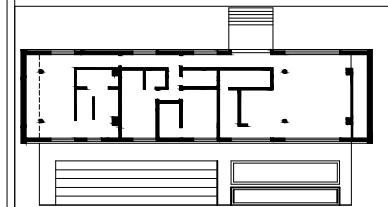
DATA  
25.10.10

NÚMERO  
01





MAPA:



LEGENDA:

- 1 - Vestibulo
- 2 - Sala de Estar
- 3 - Sala de Jantar
- 4 - Cozinha
- 5 - Lavandaria
- 6 - Circulaçao
- 7 - Quarto
- 8 - Roupeiro
- 9 - Instalações Sanitárias
- 10 - Casa das máquinas

-  Espelho de água
-  Ripas de madeira
-  Mosaico cerâmico
-  Vegetação

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

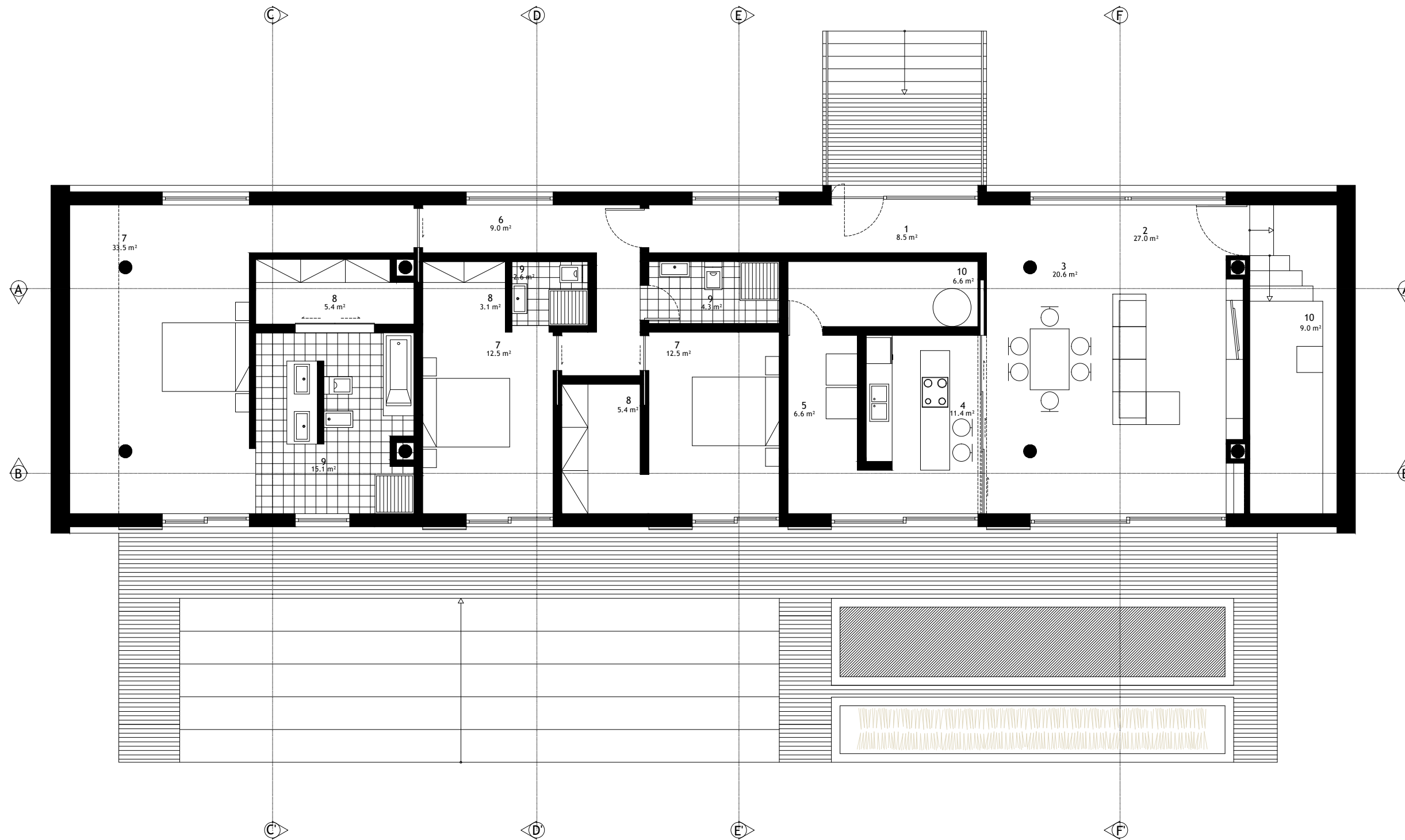
DESIGNAÇÃO:

PLANTA PISO 0

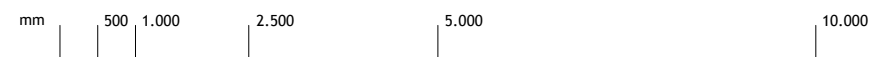
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
02



1:100



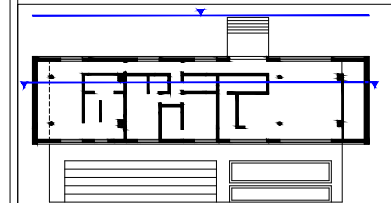


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Ripas de madeira
-  Azulejos WC
-  Terreno

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

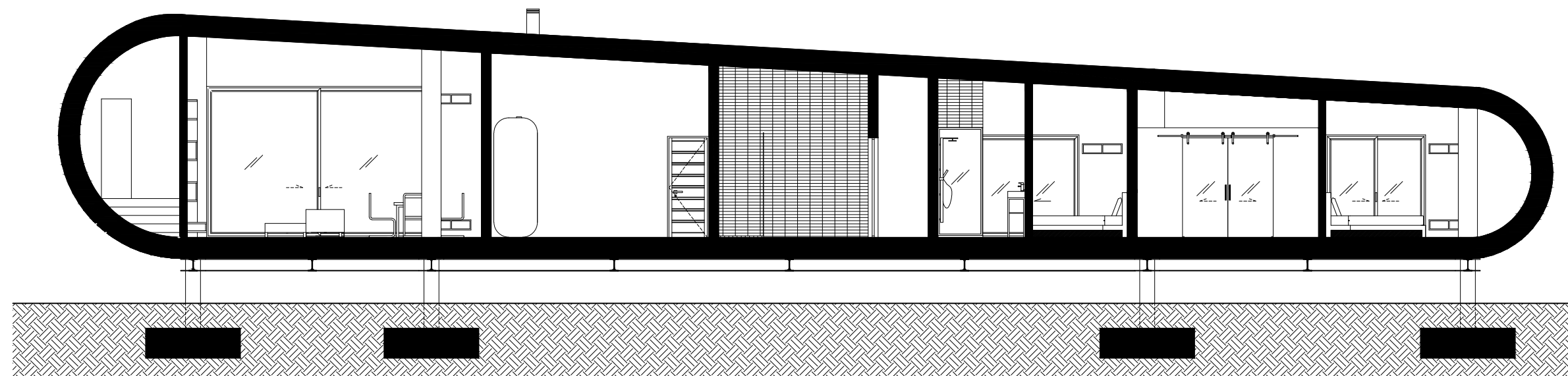
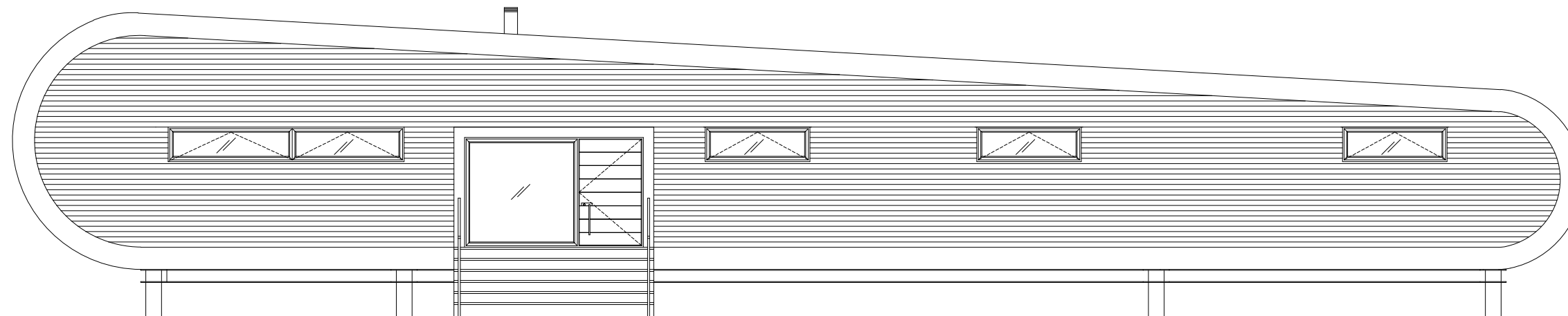
DESIGNAÇÃO:

ALÇADO NORTE | CORTE AA'

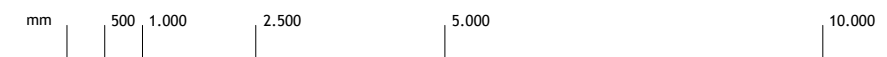
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
03



1:100



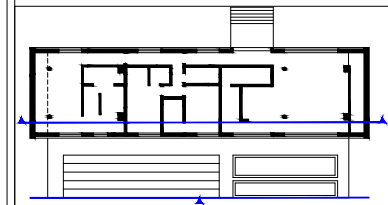


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Painéis Fotovoltaicos
-  Ripas de madeira
-  Vegetação
-  Azulejos WC
-  Azulejos Cozinha
-  Terreno

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

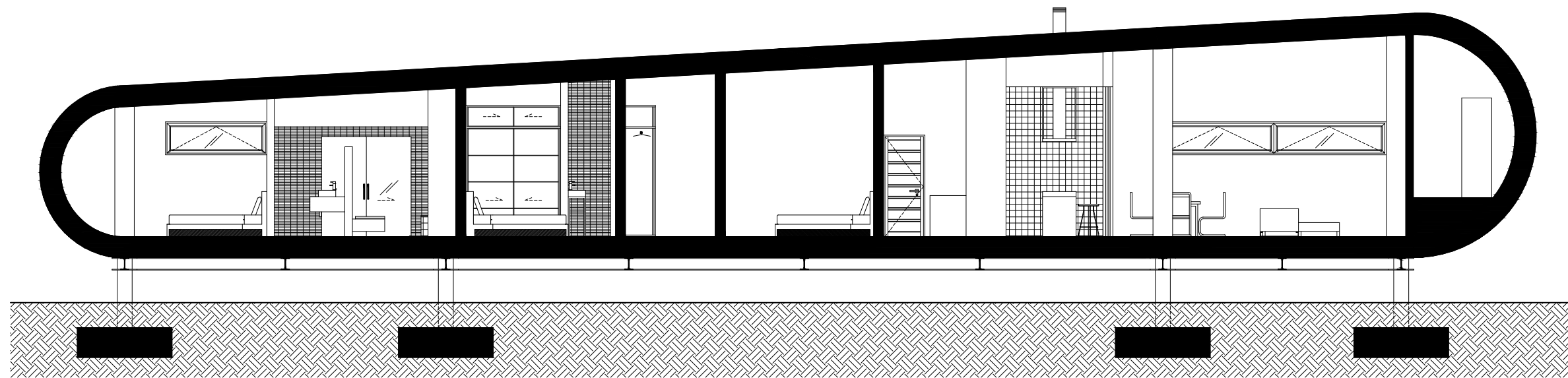
DESIGNAÇÃO:

ALÇADO SUL | CORTE BB'

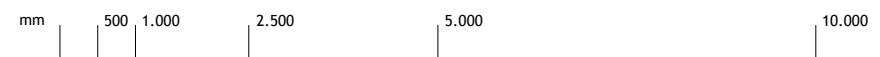
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
04



1:100



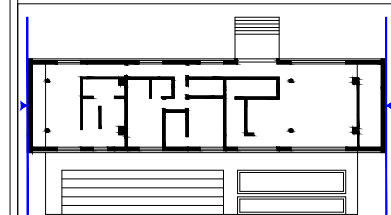


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR





DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Vegetação
-  Reboco pintado
-  Corrimão de alumínio e  
degraus de madeira
-  Protecção exterior de madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

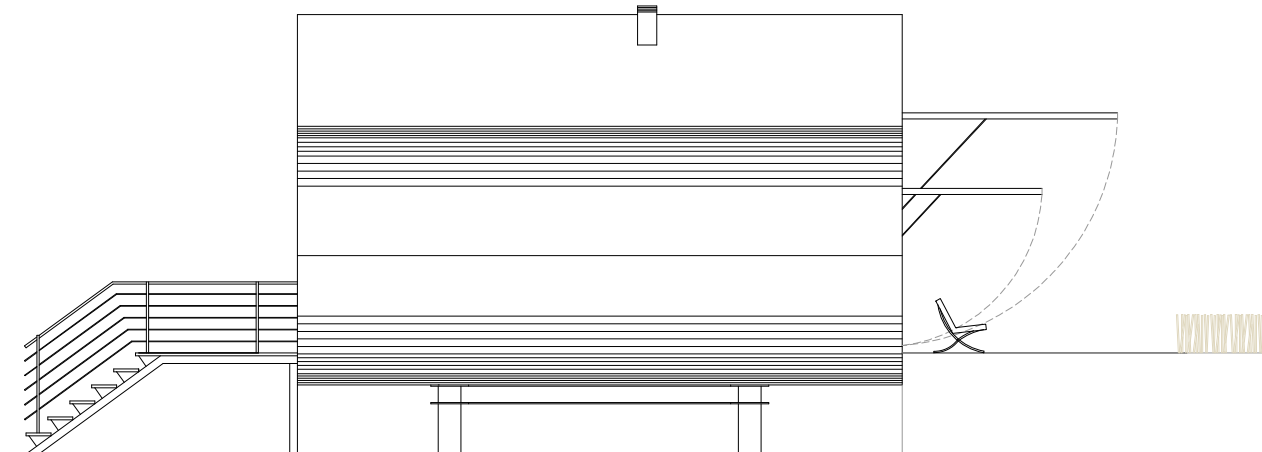
DESIGNAÇÃO:

ALÇADO ESTE | ALÇADO OESTE

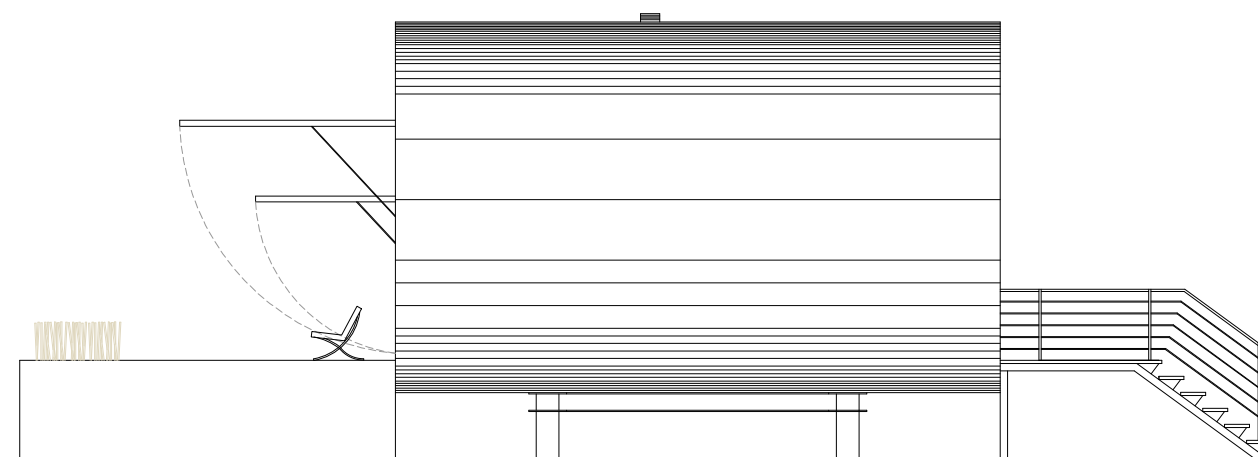
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

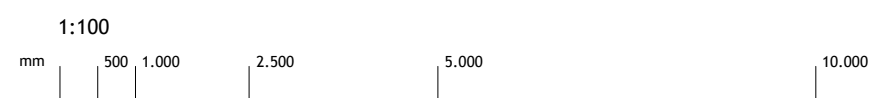
NÚMERO  
05



ALÇADO OESTE



ALÇADO ESTE



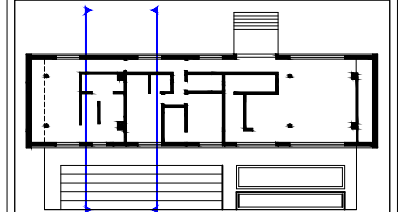


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR







DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Espelho de água
-  Vegetação
-  Azulejos WC
-  Terreno
-  Corrimão de alumínio e  
degraus de madeira
-  Protecção exterior com estrutura  
de alumínio e madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

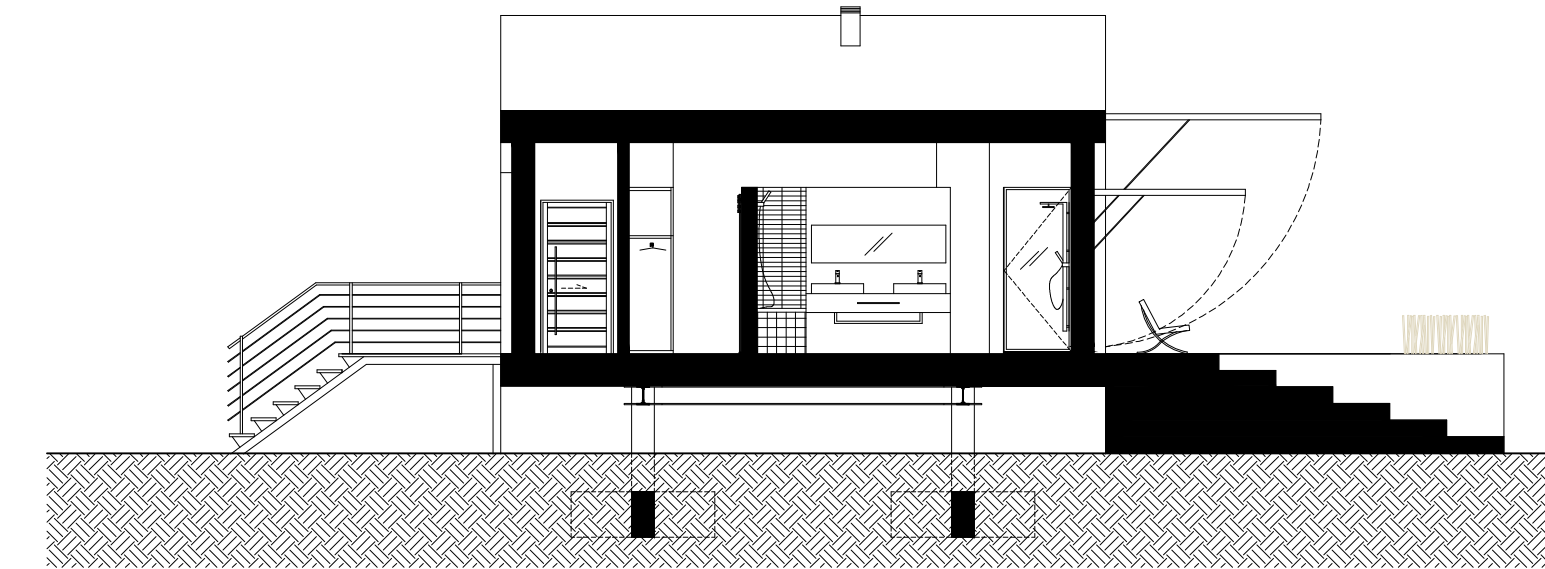
DESIGNAÇÃO:

CORTE CC' | CORTE DD'

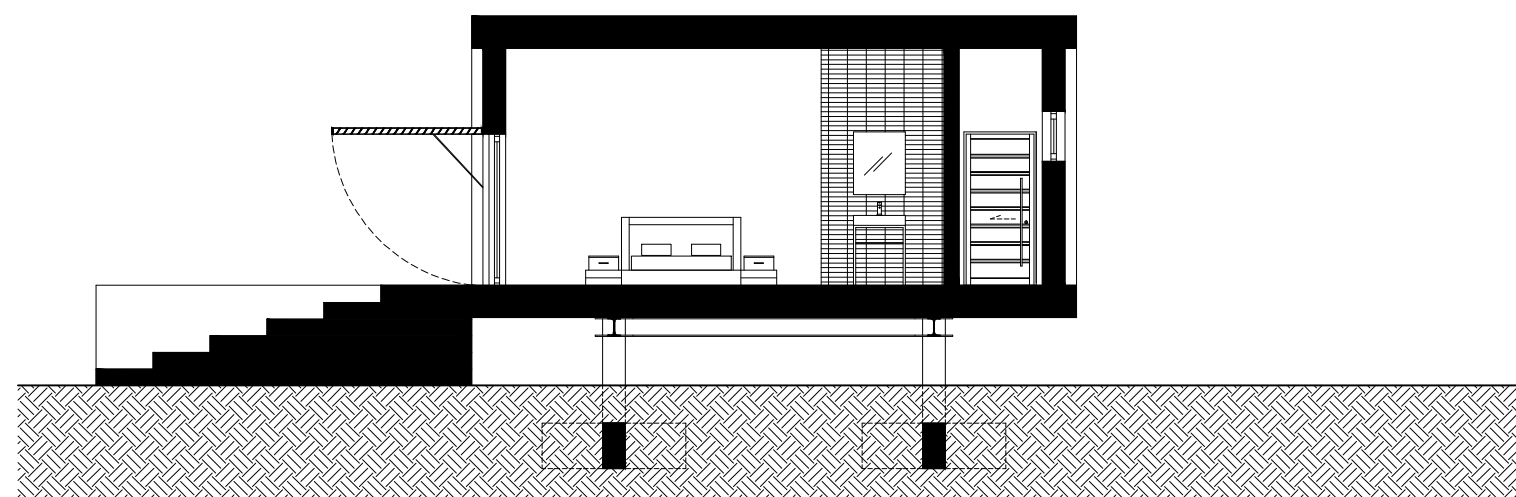
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
06

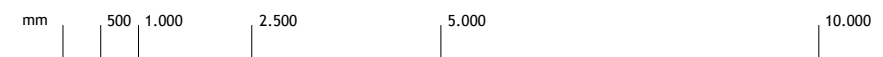


CORTE CC'



CORTE DD'

1:100



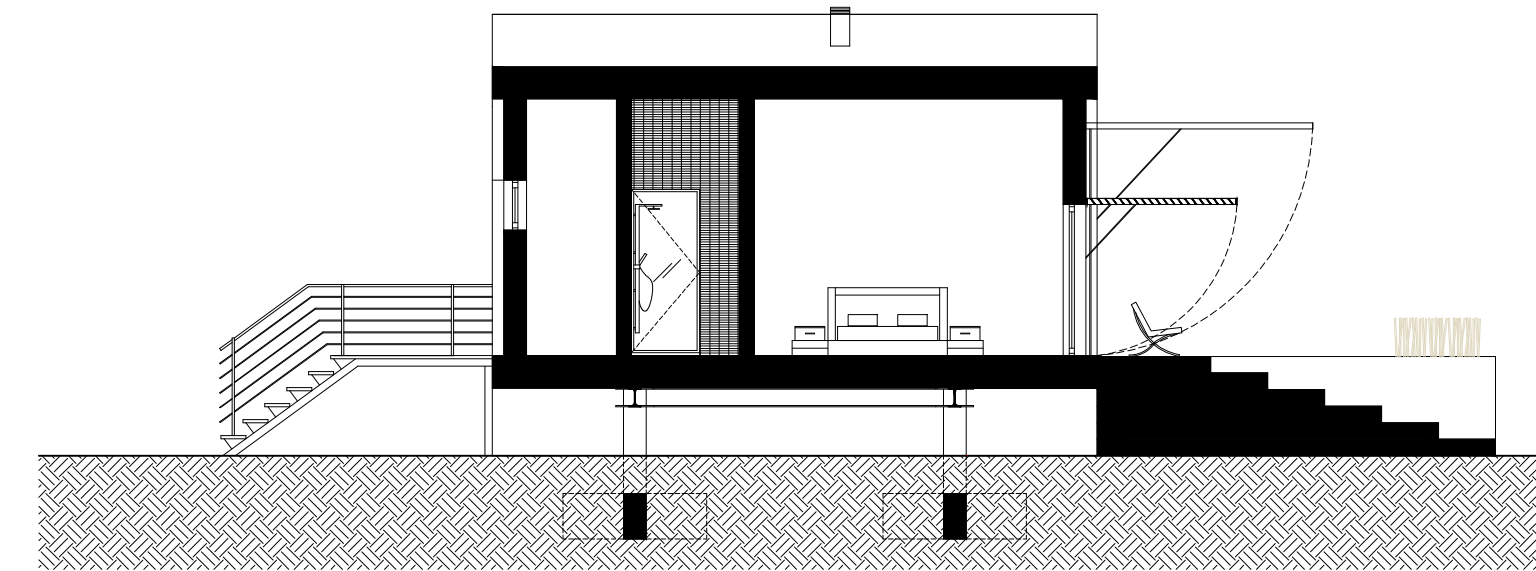
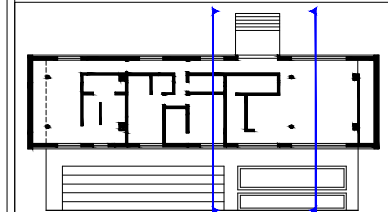


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR

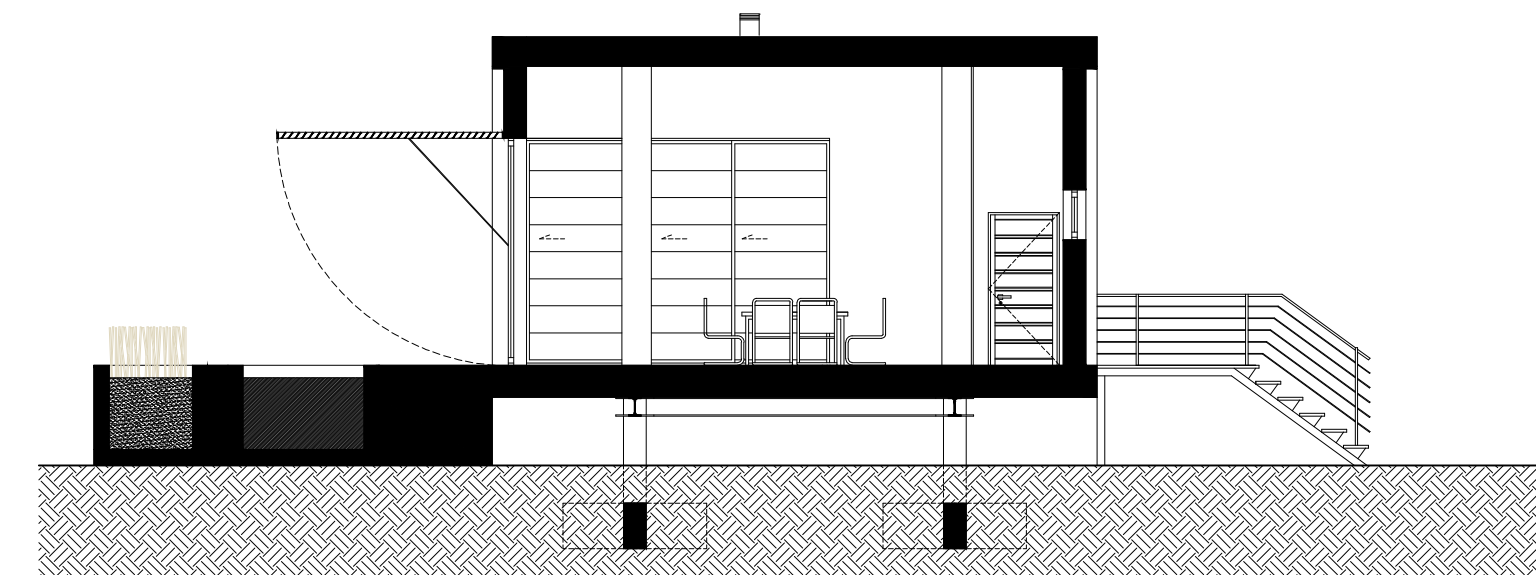
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:









CORTE EE'



CORTE FF'

LEGENDA:

-  Espelho de água
-  Vegetação
-  Azulejos WC
-  Terreno
-  Corrimão de alumínio e degraus de madeira
-  Protecção exterior com estrutura de alumínio e madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

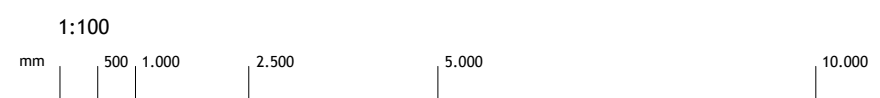
DESIGNAÇÃO:

CORTE EE' | CORTE FF'

ESCALA  
1:100

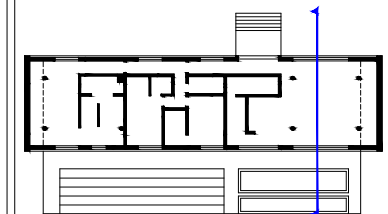
DATA  
25.10.10

NÚMERO  
07
















MAPA:



LEGENDA:

-  Betão
-  Aço
-  SIP (Structural Insulated Panels)
-  Poliestireno Expandido
-  Isolamento Térmico
-  Argamassa
-  Areia
-  Tapete de borracha
-  Revestimento interior - Madeira
-  Material de Mudança de Fase
-  Revestimento exterior - Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

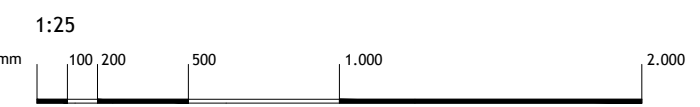
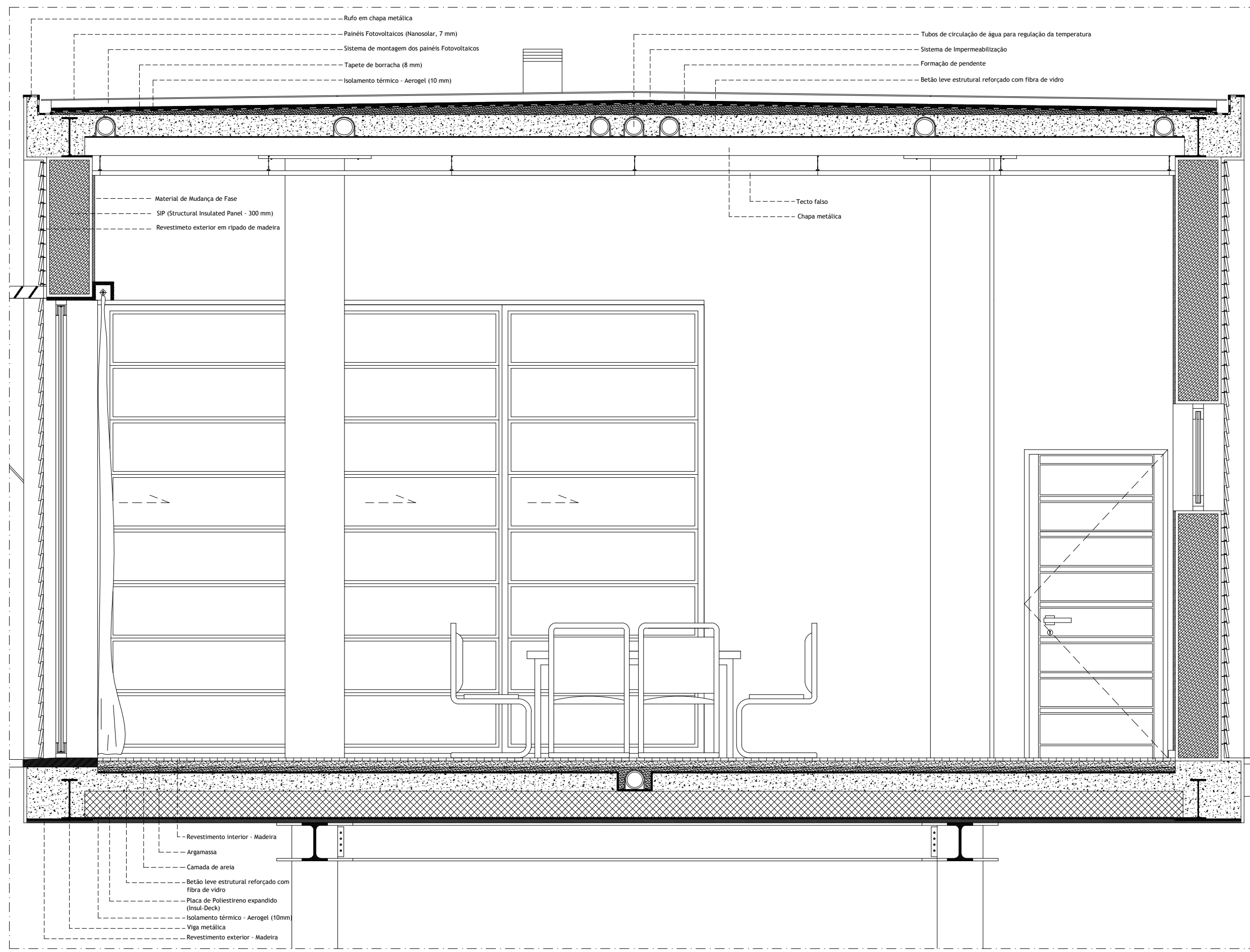
DESIGNAÇÃO:

PORMENOR CONSTRUTIVO -  
CORTE FF'

ESCALA  
1:25

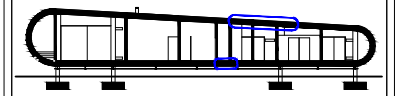
DATA  
25.10.10

NÚMERO  
08












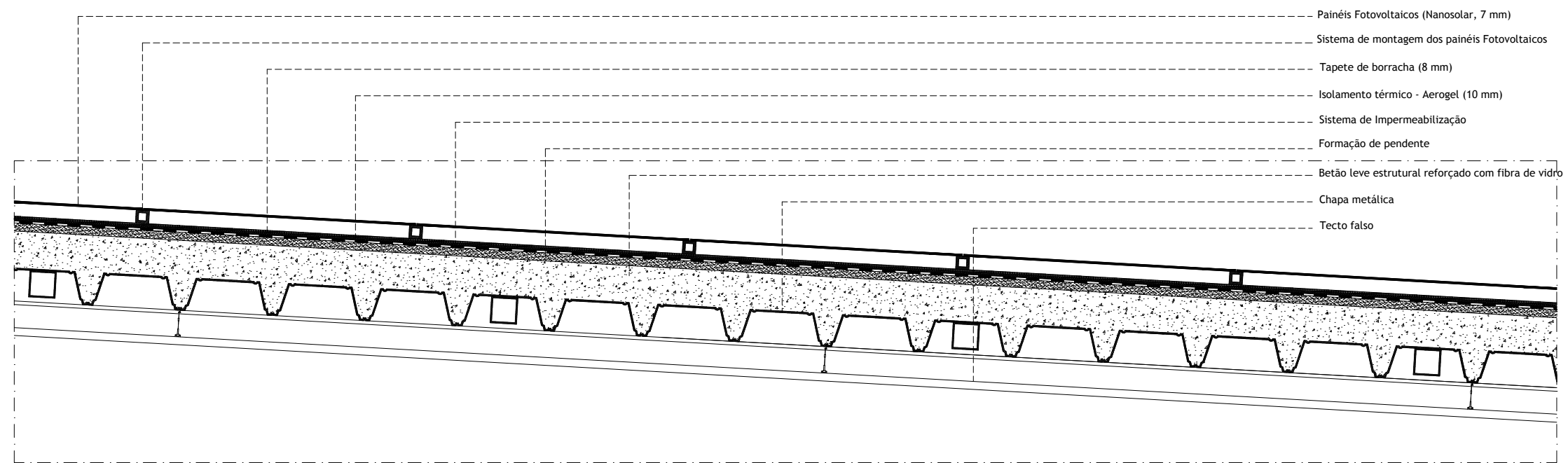
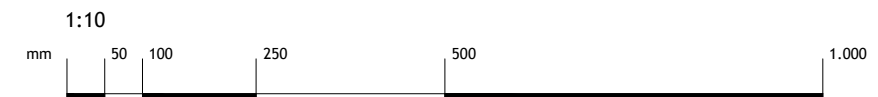
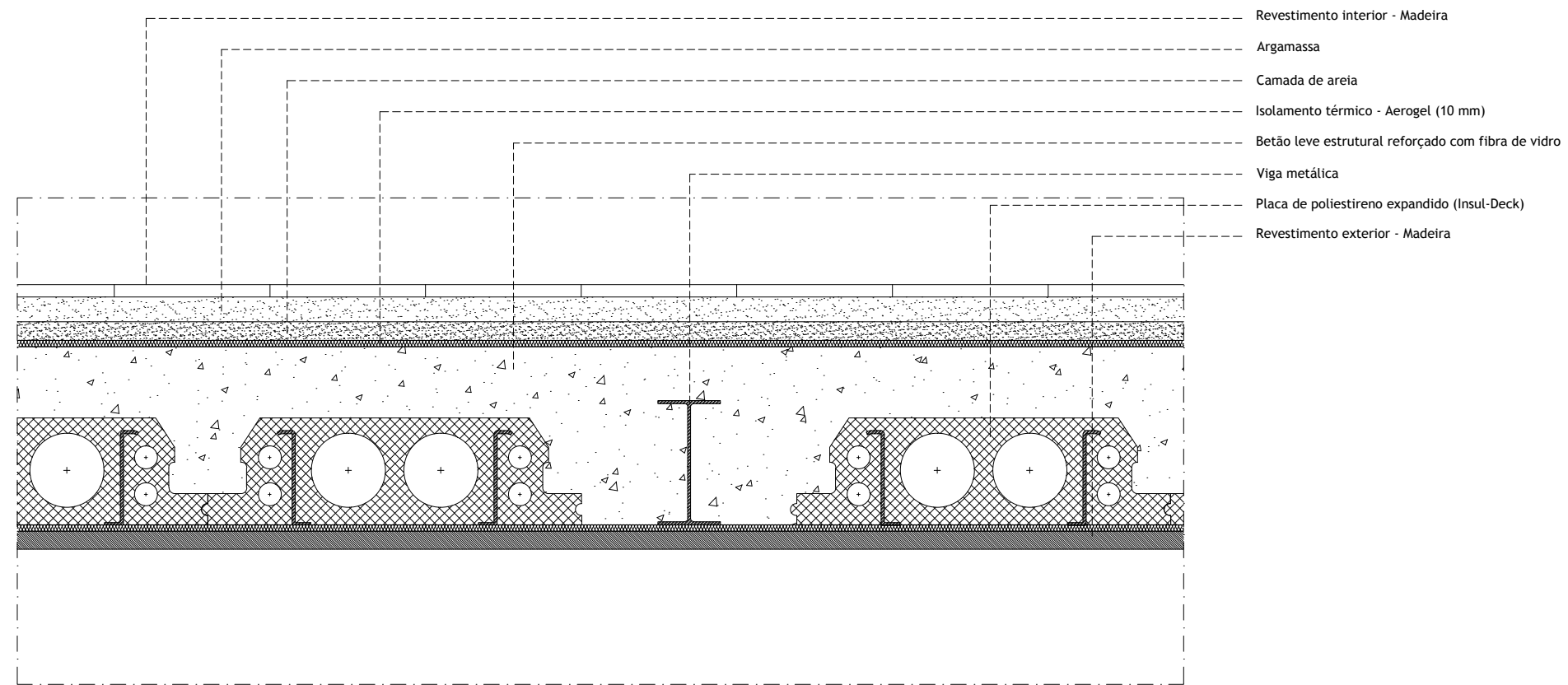


MAPA:



LEGENDA:

-  Betão
-  Aço
-  Poliestireno Expandido
-  Isolamento Térmico
-  Argamassa
-  Areia
-  Tapete de borracha
-  Revestimento interior - Madeira
-  Revestimento exterior - Madeira



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

DESIGNAÇÃO:

PORMENOR LAJE

PORMENOR COBERTURA

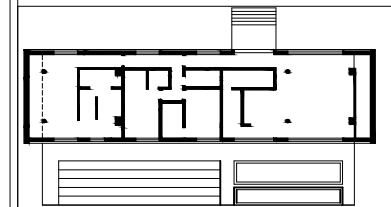
ESCALA  
1:10 | 1:20

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
09



MAPA:



LEGENDA:

- 1 - Vestibulo
- 2 - Sala de Estar
- 3 - Sala de Jantar
- 4 - Cozinha
- 5 - Lavandaria
- 6 - Circulaçao
- 7 - Quarto
- 8 - Roupeiro
- 9 - Instalações Sanitárias
- 10 - Casa das máquinas

-  Espelho de água
-  Ripas de madeira
-  Vegetação

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

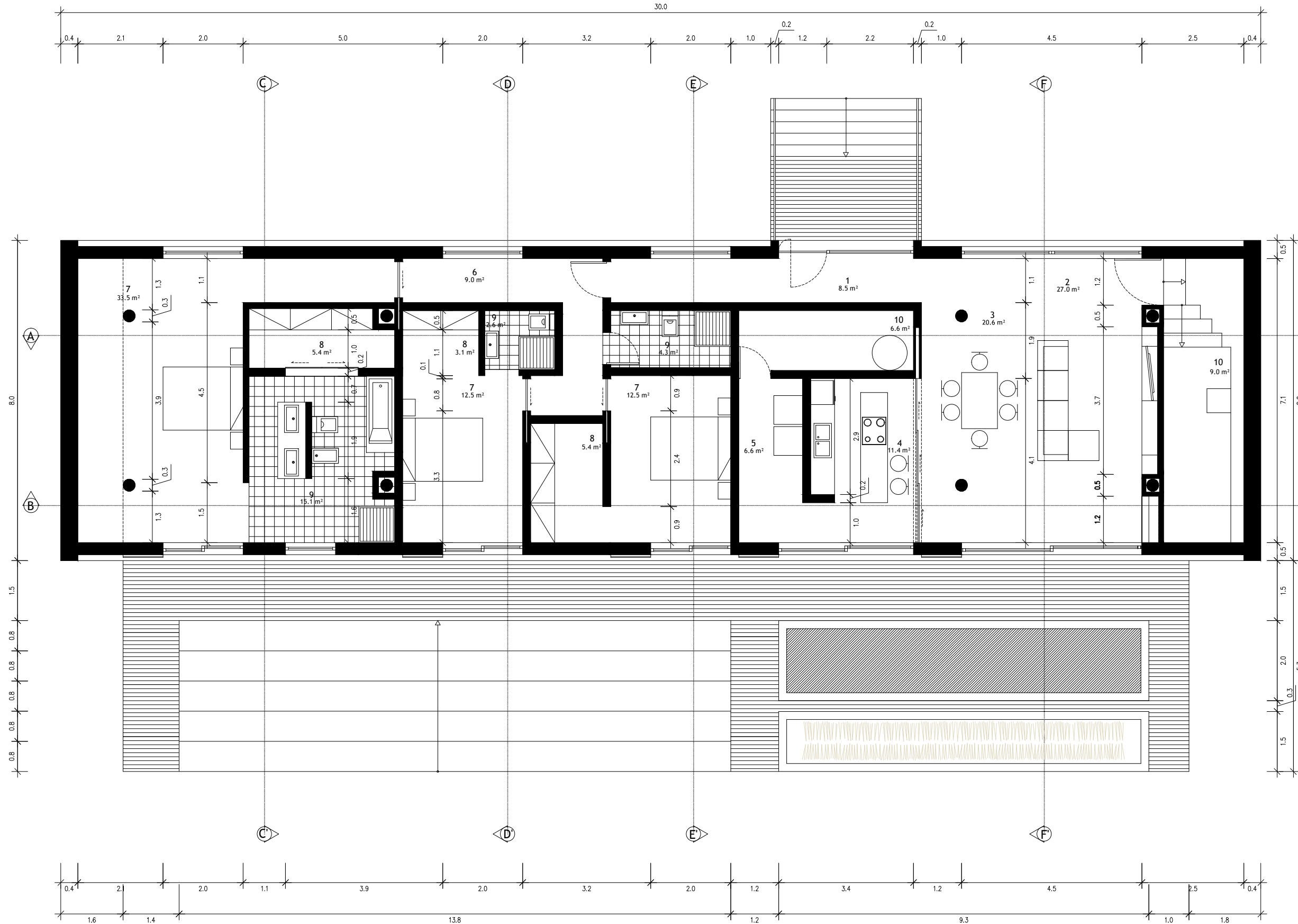
DESIGNAÇÃO:

PLANTA COTADA - PISO 0

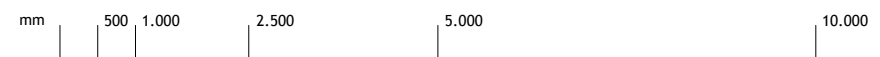
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
10



1:100



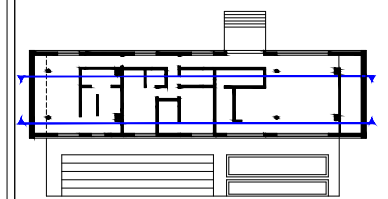


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Azulejos WC
-  Azulejos Cozinha
-  Terreno

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

DESIGNAÇÃO:

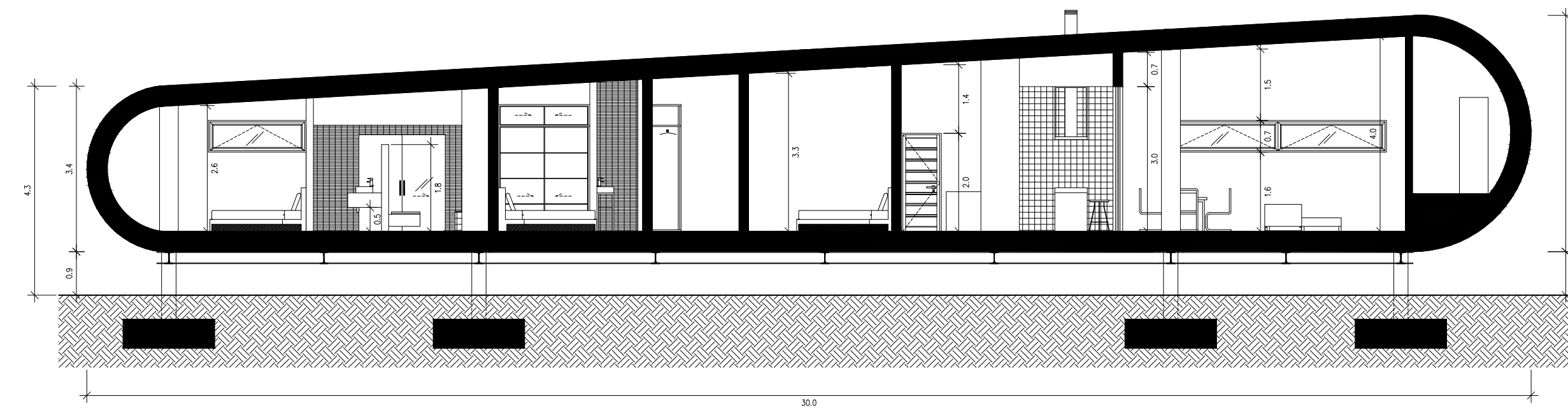
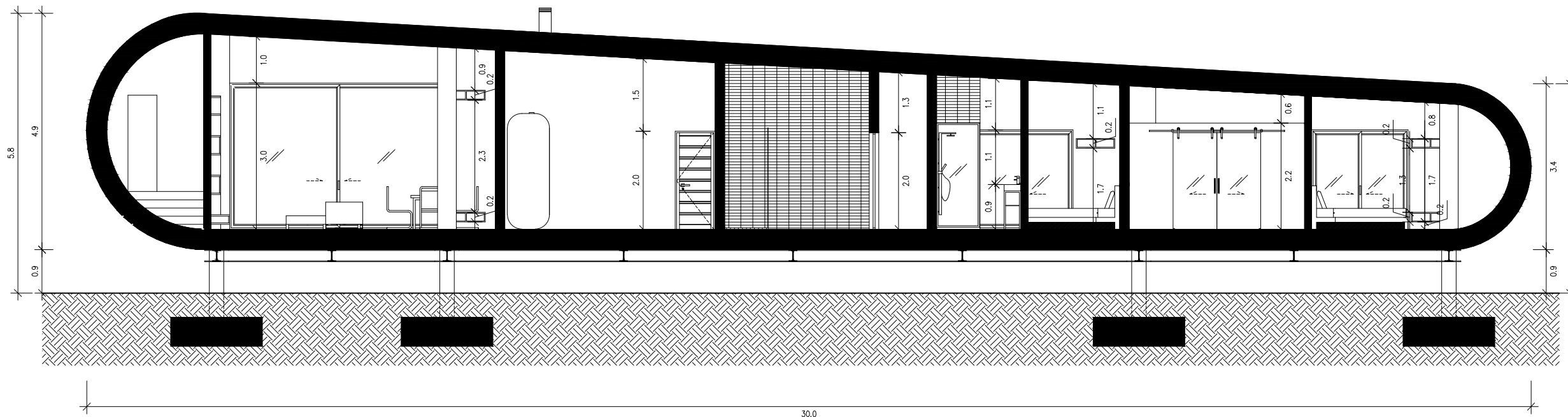
CORTE AA' COTADO

CORTE BB' COTADO

ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
11



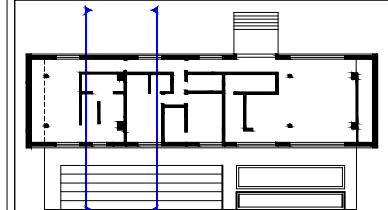


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR







DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

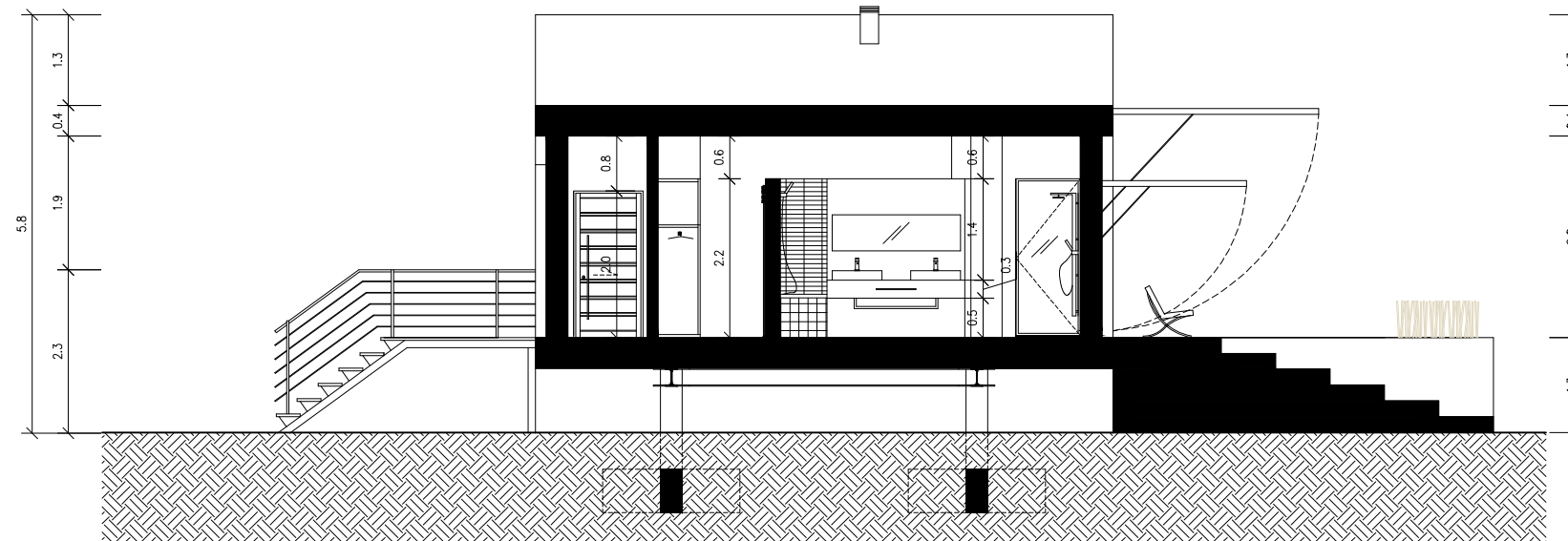
Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:

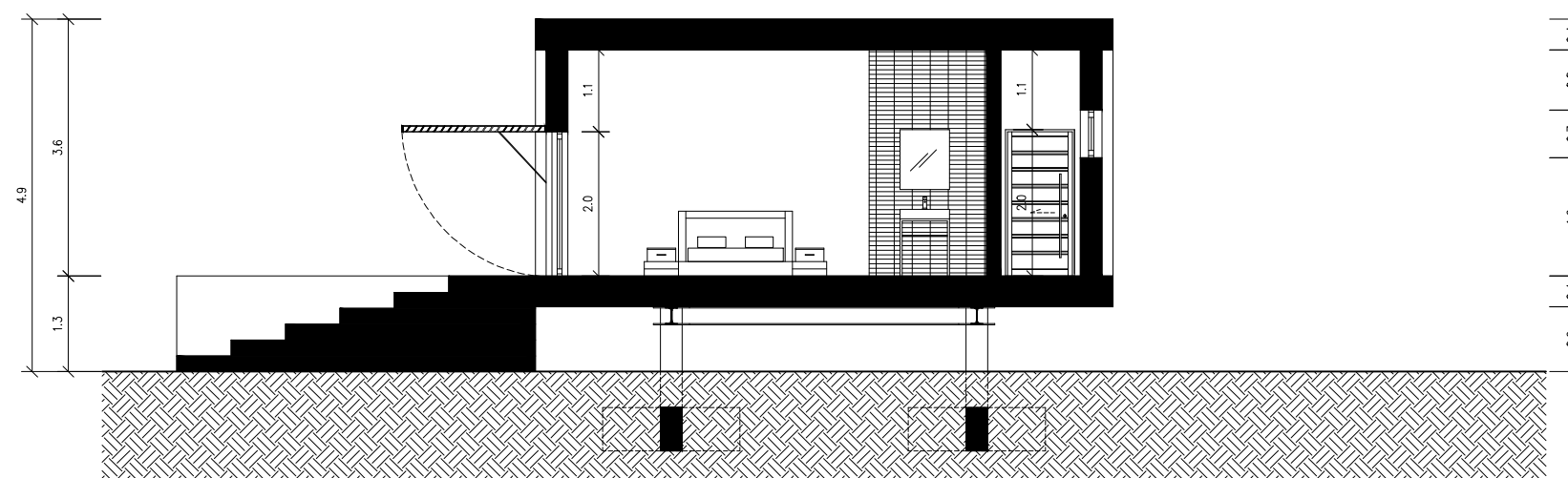


LEGENDA:

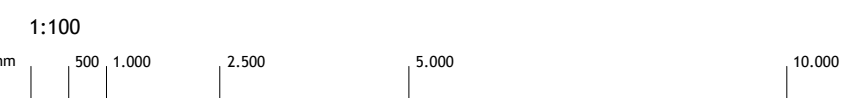
-  Espelho de água
-  Vegetação
-  Azulejos WC
-  Terreno
-  Corrimão de alumínio e  
degraus de madeira
-  Protecção exterior com estrutura  
de alumínio e madeira



CORTE CC'



CORTE DD'



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

DESIGNAÇÃO:

CORTE CC' COTADO

CORTE DD' COTADO

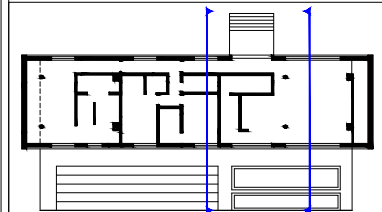
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10







NÚMERO  
12



MAPA:



LEGENDA:

-  Espelho de água
-  Vegetação
-  Azulejos WC
-  Terreno
-  Corrimão de alumínio e  
degraus de madeira
-  Protecção exterior com estrutura  
de alumínio e madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

DESIGNAÇÃO:

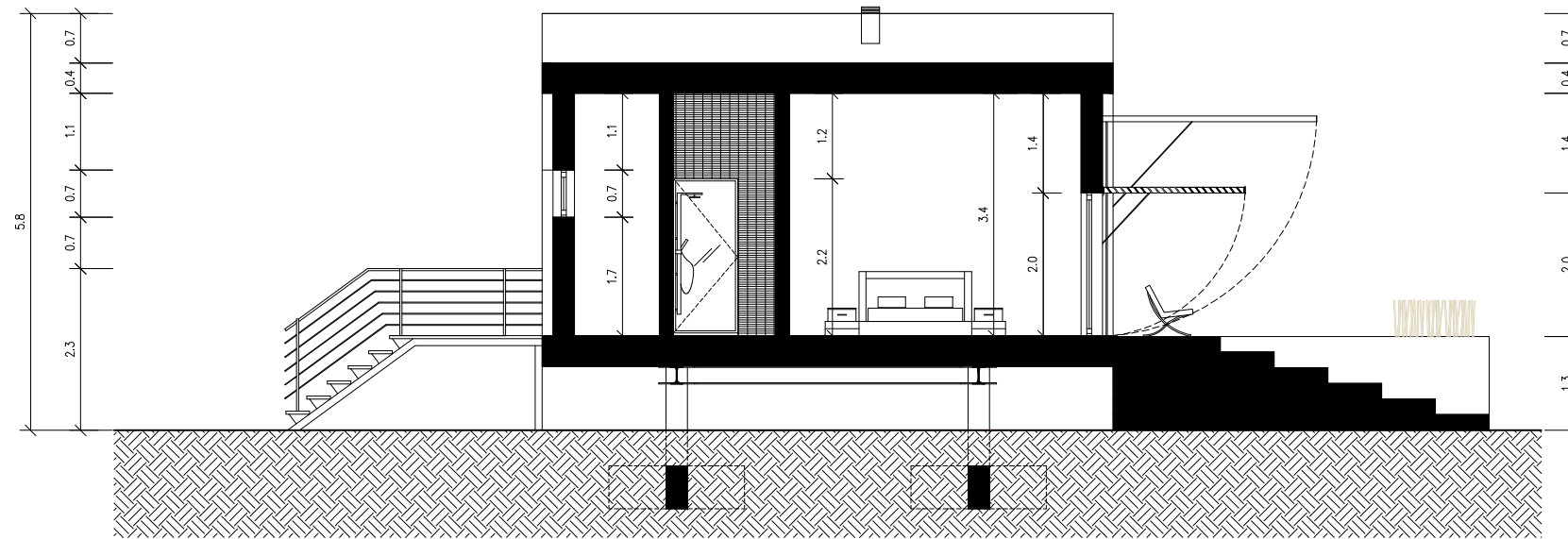
CORTE EE' COTADO

CORTE FF' COTADO

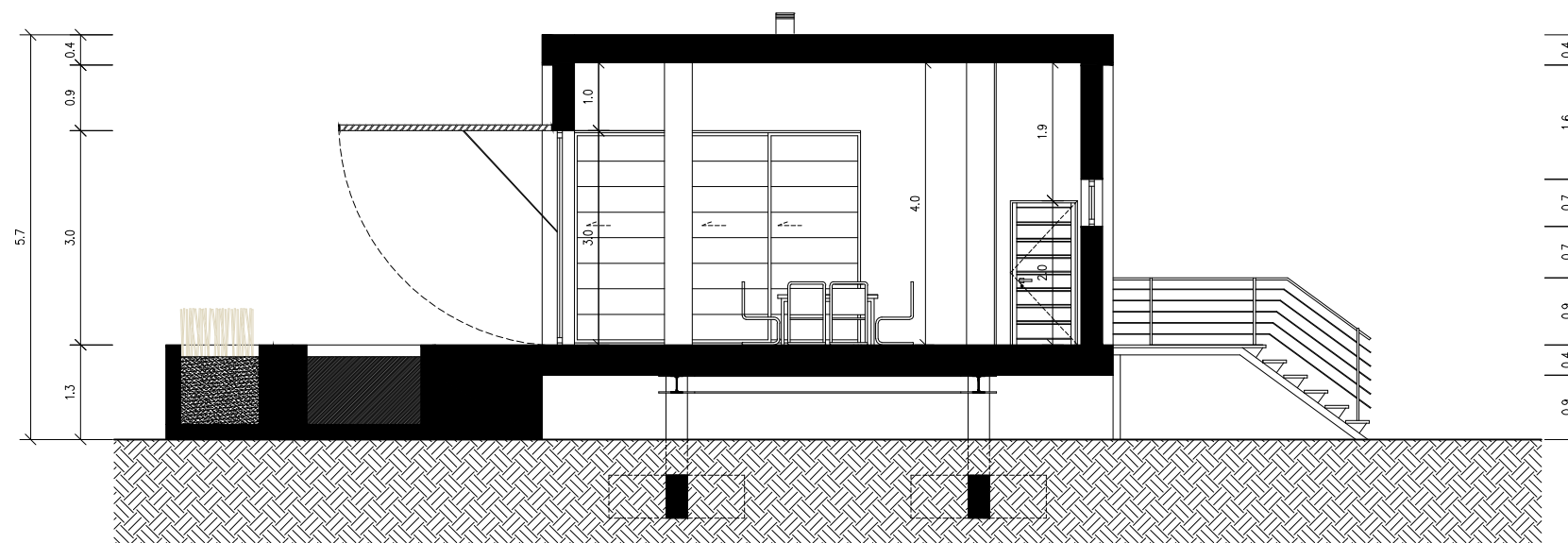
ESCALA  
1:100

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
13

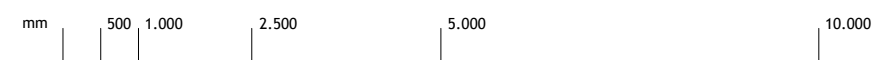


CORTE EE'



CORTE FF'

1:100



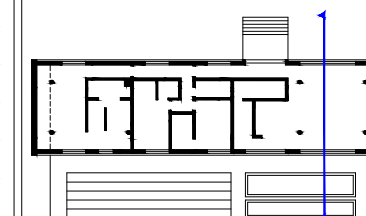


UNIVERSIDADE DA  
BEIRA INTERIOR












DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
ARQUITECTURA

Ano Lectivo 2009/2010

MAPA:



LEGENDA:

-  Betão
-  Aço
-  SIP (Structural Insulated Panels)
-  Poliestireno Expandido
-  Isolamento Térmico
-  Argamassa
-  Areia
-  Tapete de borracha
-  Revestimento interior - Madeira
-  Material de Mudança de Fase
-  Revestimento exterior - Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

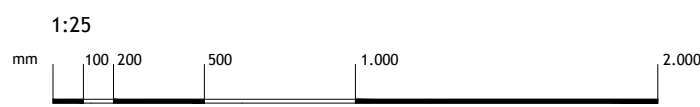
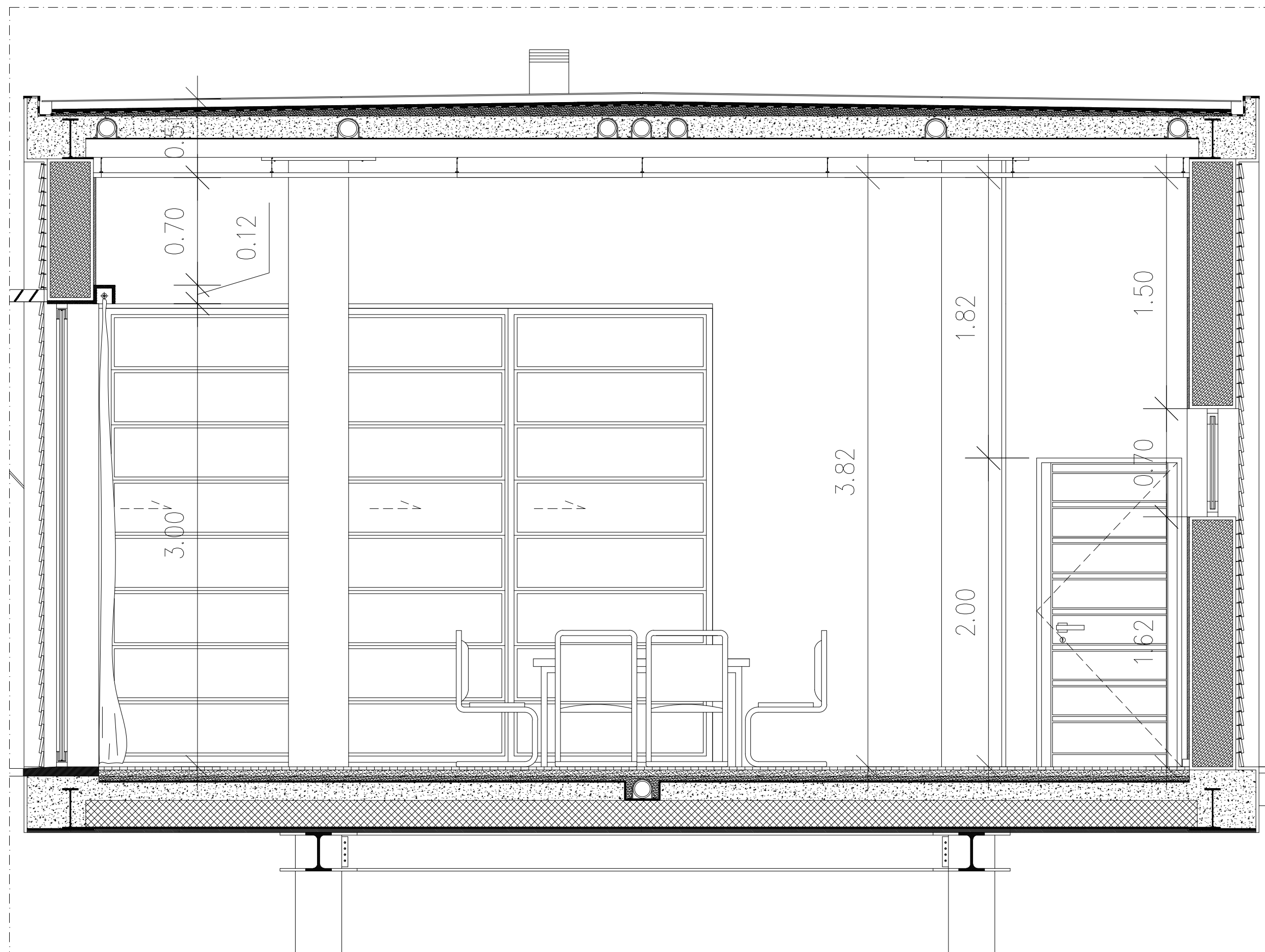
DESIGNAÇÃO:

PORMENOR CONSTRUTIVO -  
CORTE FF' COTADO

ESCALA  
1:25

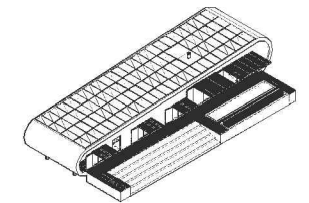
DATA  
25.10.10

NÚMERO  
14

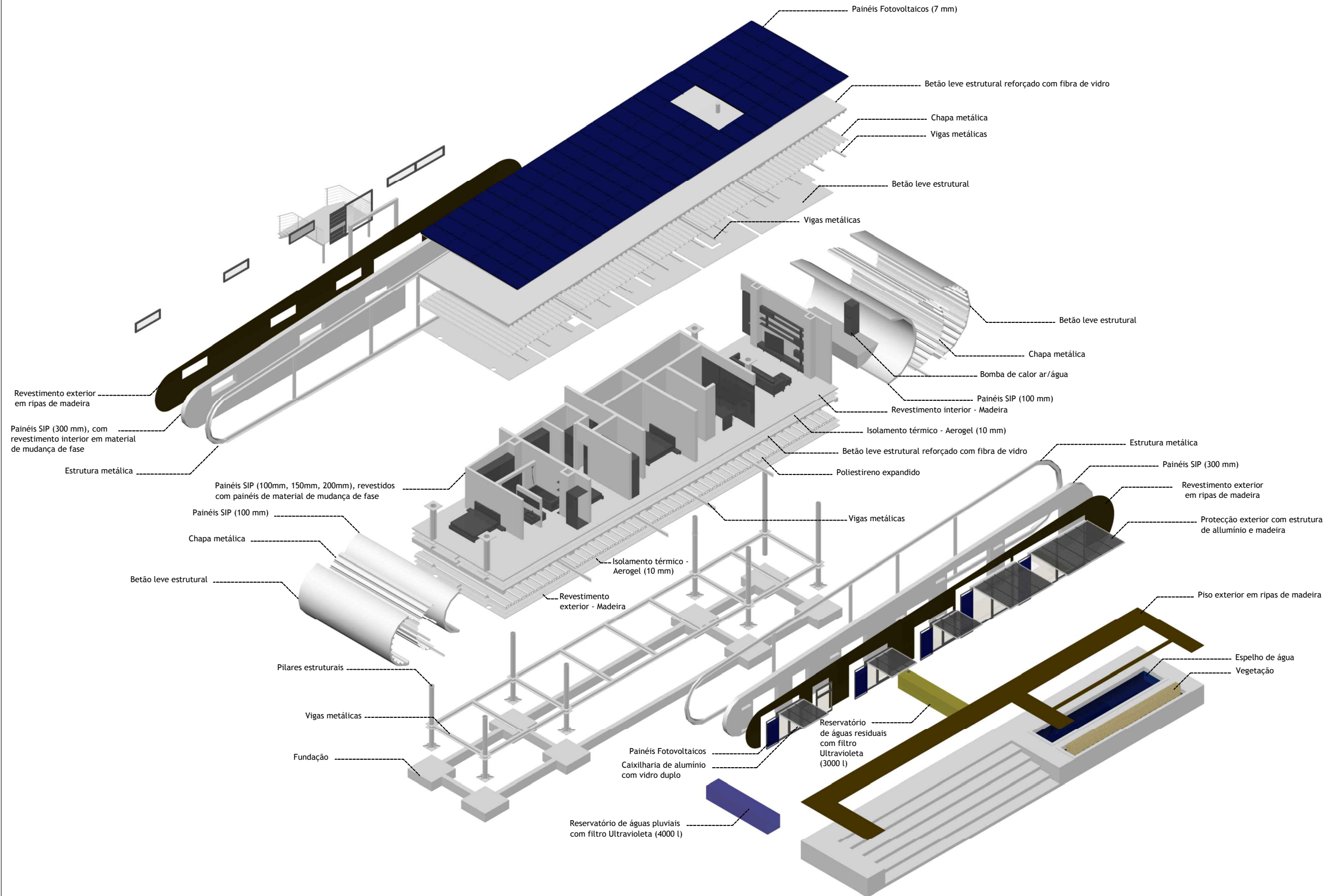




MAPA:



LEGENDA:



1:200



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROTÓTIPO

Leida Furtado, 17164

DESIGNAÇÃO:

AXONOMETRIA

ESCALA  
1:200

DATA  
25.10.10

NÚMERO  
15