



Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda

PROJETO DE ESTÁGIO

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Dânia Patrícia Veloso Alexandre
Fábio Miguel Teixeira Bento Galha
novembro | 2012

Arquitetura bioclimática - Casas de madeira



DÂNIA PATRÍCIA VELOSO ALEXANDRE
FÁBIO MIGUEL TEIXEIRA BENTO GRALHA

Engenharia do Ambiente

2012



INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DA GUARDA

Arquitetura bioclimática - Casas de madeira

DÂNIA PATRÍCIA VELOSO ALEXANDRE
FÁBIO MIGUEL TEIXEIRA BENTO GRALHA

Orientador: Prof. Rui Pitarma Ferreira

“Trabalho apresentado na Escola superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico da Guarda para obtenção da Licenciatura em Engenharia do Ambiente”

2012

Agradecimentos

Ao finalizar este trabalho, é com grande gratidão que queremos manifestar os nossos agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma nos apoiaram e cuja contribuição foi imprescindível.

Contudo gostaríamos de expressar o nosso sincero obrigado:

Aos nossos familiares por todo o apoio e sacrifício que nos permitiu chegar até esta etapa.

Ao senhor José Alberto pela disponibilidade e ajuda na parte experimental do nosso trabalho.

À nossa colega de curso, Inês Pires, por sido o elo de comunicação com a proprietária da casa estudada e por toda a ajuda e colaboração.

À senhora Isabel Sequeira por ter disponibilizado a sua habitação para o nosso estudo.

Ao nosso orientador, Professor Rui Ferreira, pelo apoio, orientação e incentivo à realização deste trabalho.

Resumo

Atualmente uma percentagem considerável de energia é gasta na climatização e iluminação dos edifícios. Ora, a arquitetura bioclimática tem como objetivo a minimização da dependência de recursos fósseis promovendo o aproveitamento do ambiente em benefício próprio.

Esta arquitetura conduz à minimização dos impactos e à obtenção de uma relação mais harmoniosa entre a paisagem e a construção.

O presente trabalho pretende de forma simples e estruturada, numa primeira parte, estudar as diferentes técnicas de construção bioclimática, realçando as soluções para aquecimento e arrefecimento com base em conceitos fundamentais para uma boa prática deste tipo de arquitetura.

Na segunda parte deste trabalho, iremos abordar as construções em madeira, iniciando com uma breve história sobre a mesma e destacando vantagens, propriedades, tipos de madeira e outras considerações sobre este material.

Para finalizar, foi realizado um estudo do comportamento térmico numa habitação de madeira na região da Guarda, com o objetivo de verificar a sua viabilidade no clima da região.

Abstract

Currently a significant proportion of energy is expended in cooling and lighting of buildings. Now the bioclimatic architecture aims at minimizing the dependence on fossil fuels by promoting the use of the environment to their advantage. This architecture leads to minimization of impacts and to achieve a more harmonious relationship between the landscape and the building.

This work intends to simply and structured, in the first part, studying the different bioclimatic building techniques, enhancing solutions for heating and cooling based on concepts fundamental to good practice of this type of architecture. In the second part of this paper, we address the wooden buildings, starting with a brief history about it and highlighting advantages, properties, types of wood and other considerations on this material.

Finally, we present a study of the thermal behavior of wood in housing in the region of the Guarda in order to ensure its viability in the region's climate.

Índice

Agradecimentos.....	3
Resumo.....	4
Abstract.....	5
Introdução.....	12
Capítulo I-Conceitos base.....	14
I.1-Água.....	15
I.2-Humidade.....	16
2.1-Humidade de construção.....	16
2.2-Humidade de terreno.....	17
2.3-Humidade de precipitação.....	18
2.4-Humidade de condensação.....	18
2.5-Humidade devido à higroscopicidade dos materiais.....	19
2.6-Humidade devido a causas fortuitas.....	20
I.3-Temperatura.....	20
I.4-Efeito de estufa.....	22
I.5-Energia solar.....	23
5.1-Geometria solar.....	25
I.6-Vento.....	28
I.7-Vegetação.....	30
I.8-Inércia térmica.....	31
I.9-Conforto térmico.....	33
I.10-Renovação de ar.....	35
Capítulo II-Técnicas de construção bioclimática.....	37
II.1-Seleção do melhor local.....	38
II.2-Forma e orientação do edifício.....	39
II.3-Isolamento térmico.....	42
II.4-Iluminação.....	46
II.5-Vidro e caixilharias.....	48
5.1-Vidro duplo.....	48
5.2-Caixilharias.....	50
5.2.1-Caixilharias em PVC.....	50
5.2.2-Caixilharias em alumínio.....	51
5.2.3-Caixilharias em madeira.....	52
II.6-Coberturas ajardinadas.....	53
II.7-Aproveitamento das águas pluviais.....	56
II.8-Soluções para aquecimento no inverno.....	60
8.1-Ganho solar direto.....	60
8.2-Ganho solar indireto.....	62
8.2.1-Parede trombe.....	63
8.2.1.1-Parede trombe não ventilada.....	63
8.2.1.2-Parede trombe ventilada.....	64
8.2.2-Paredes e colunas de água.....	67

8.2.3-Coberturas de água.....	69
8.2.4-Ganho pelo pavimento.....	69
8.3-Ganho isolado.....	71
8.3.1-Estufa.....	71
8.3.2-Coletor de ar.....	73
II.9-Soluções para arrefecimento no verão.....	74
9.1-Arrefecimento direto.....	76
9.1.1-Ventilação natural.....	76
9.1.2-Ventilação cruzada.....	77
9.1.3-Ventilação induzida.....	78
9.1.4-Câmara ou chaminé solar.....	78
9.1.5-Arrefecimento evaporativo.....	79
9.1.6-Construções enterradas.....	80
9.1.7-Proteções solares.....	81
9.2-Arrefecimento indireto.....	83
9.2.1-Arrefecimento por radiação.....	84
9.2.2-Ventilação noturna.....	85
9.3-Arrefecimento pelo solo.....	85
Capítulo III-Casas de madeira.....	87
III.1-Breve história da madeira.....	88
III.2-Propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira.....	90
2.1-Propriedades físicas.....	90
2.2-Propriedades químicas.....	91
2.3-propriedades mecânicas.....	92
III.3-Comportamento da madeira.....	92
III.4-Tipos de madeira usada.....	95
III.5-Tipos de casas de madeira.....	98
5.1-Casas de troncos.....	98
5.1.1-Troncos trabalhados à medida.....	99
5.1.2-Troncos manufaturados.....	99
5.2-Casas com estrutura em madeira pesada.....	100
5.2.1-Sistema Post & Beam.....	101
5.2.2-Sistema Timber Frame.....	101
5.3-Casas com estrutura em madeira leve.....	102
5.3.1-Sistema Ballon Frame.....	103
5.3.2-Sistema Platform Frame.....	104
III.6-Custo de investimento/manutenção.....	105
III.7-Vantagens e desvantagens das casas em madeira.....	106
Capítulo IV-Caso de estudo.....	110
IV.1-Characterização física e administrativa.....	111
IV.2-Characterização demográfica.....	112
IV.3-Characterização climática.....	113
IV.4-Characterização da habitação.....	113
IV.5-Comportamento térmico da habitação.....	115
Conclusão.....	127
Bibliografia.....	128

Anexos	134
Anexo I-Planta.....	134
Anexo II-Folhas de cálculo.....	136
Anexo III-Dados das medições.....	141

Índice de figuras

Figura 1.1- Desenho ilustrativo da falta de água.....	15
Figura 1.2- Exemplo de humidade de construção.....	17
Figura 1.3- Exemplo de humidade do terreno.....	17
Figura 1.4- Exemplo de humidade de precipitação.....	18
Figura 1.5- Exemplo de humidade de condensação.....	19
Figura 1.6- Exemplo de humidade devido à higroscopicidade dos materiais.....	19
Figura 1.7- Exemplo de humidade devido a causas fortuitas.....	20
Figura 1.8- Esquema representativo dos mecanismos de transferência de calor.....	21
Figura 1.9- Efeito de estufa.....	23
Figura 1.10- Esquema da radiação solar recebida.....	24
Figura 1.11- Representação do ângulo de incidência.....	24
Figura 1.12- Exposição solar da fachada voltada a Sul durante o inverno.....	26
Figura 1.13- Exposição solar da fachada voltada a Sul durante o verão.....	26
Figura 1.14- Exposição solar da fachada voltada a Este durante o inverno.....	27
Figura 1.15- Exposição solar da fachada voltada a Este durante o verão.....	28
Figura 1.16- Barlavento e sotavento segundo a direção do vento.....	29
Figura 1.17- Influência do vento em diferentes posições geográficas.....	29
Figura 1.18- Habitação com telhado verde.....	30
Figura 1.19- Funcionamento da inércia térmica.....	31
Figura 1.20- Esquema ilustrativo da importância da renovação de ar.....	35
Figura 2.1- Quantidade de calor (%) que um edifício perde em diferentes locais.....	38
Figura 2.2- Orientação do edifício.....	40
Figura 2.3- Influência do vento consoante a altura da habitação.....	41
Figura 2.4- Influência do vento consoante a forma do edifício.....	41
Figura 2.5- Distância entre edifícios em função do ângulo de incidência solar.....	42
Figura 2.6- Espessura da parede com e sem isolamento.....	43
Figura 2.7- Perdas para o exterior (%) em função da espessura.....	43
Figura 2.8- Comparação entre isolamento interior e exterior.....	44
Figura 2.9- Isolamento exterior.....	45
Figura 2.10- Esquema do isolamento nas caixas de estore.....	46
Figura 2.11- Isolamento nas caixas de estore.....	46
Figura 2.12- Iluminação natural.....	46
Figura 2.13- Esquema do vidro duplo.....	50
Figura 2.14- Caixilharia em PVC.....	51
Figura 2.15- Caixilharia de alumínio simples.....	52
Figura 2.16- Caixilharia de alumínio composta.....	52
Figura 2.17- Caixilharia de madeira.....	53

Figura 2.18- Telhado verde da City Hall de Chicago, Illinois.....	54
Figura 2.19- Casas com telhado verde.....	55
Figura 2.20- Cobertura ajardinada.....	55
Figura 2.21- Corte de uma cobertura ajardinada.....	56
Figura 2.22- Reservatório enterrado.....	57
Figura 2.23- Sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	58
Figura 2.24- Aproveitamento das águas pluviais.....	59
Figura 2.25- Ganho solar direto.....	61
Figura 2.26- Parede Trombe.....	63
Figura 2.27- Funcionamento da Parede Trombe.....	63
Figura 2.28- Funcionamento da Parede Trombe não ventilada durante o dia.....	64
Figura 2.29- Funcionamento da Parede Trombe não ventilada durante a noite.....	64
Figura 2.30- Funcionamento da Parede Trombe ventilada num dia de inverno.....	65
Figura 2.31- Funcionamento da Parede Trombe ventilada numa noite de inverno.....	65
Figura 2.32- Funcionamento da Parede Trombe ventilada num dia de verão.....	66
Figura 2.33- Funcionamento da Parede Trombe ventilada numa noite de verão.....	66
Figura 2.34- Funcionamento da Parede Trombe nas diferentes estações do ano.....	67
Figura 2.35- Casa com paredes de água.....	67
Figura 2.36- Esquema de funcionamento da parede de água.....	68
Figura 2.37- Parede de água.....	68
Figura 2.38- Funcionamento da cobertura de água.....	69
Figura 2.39- Aquecimento pelo pavimento.....	70
Figura 2.40- Funcionamento de uma estufa.....	71
Figura 2.41- Estufa no inverno.....	72
Figura 2.42- Estufa no verão.....	72
Figura 2.43- Coletor de ar na situação de verão.....	73
Figura 2.44- Coletor de ar na situação de inverno.....	73
Figura 2.44- Coletor de ar visto do interior.....	74
Figura 2.46- Coletor de ar visto do exterior.....	74
Figura 2.47- Penetração da radiação solar em função do ângulo.....	74
Figura 2.48- Cobertura da superfície clara e escura.....	75
Figura 2.49- Comportamento do vento segundo a disposição dos edifícios.....	76
Figura 2.50- Comportamento do vento segundo a disposição das janelas.....	77
Figura 2.51- Ventilação cruzada.....	77
Figura 2.52- Ventilação induzida.....	78
Figura 2.53- Chaminé solar.....	78
Figura 2.54- Arrefecimento evaporativo.....	80
Figura 2.55- Sistema roof-spraying.....	80
Figura 2.56- Casas enterradas nos alpes, Suíça.....	81
Figura 2.57- Pala exterior ajustável.....	82
Figura 2.58- Pala exterior fixa.....	82
Figura 2.59- Sombreamento com plantas de folha caduca.....	82
Figura 2.60- Arrefecimento por radiação.....	84
Figura 2.61- Ventilação noturna.....	85
Figura 2.62- Arrefecimento pelo solo.....	85
Figura 2.63- Funcionamento do arrefecimento pelo solo.....	86
Figura 3.1- Casa de madeira antiga.....	88
Figura 3.2- Casa de madeira com troncos dispostos horizontalmente.....	88
Figura 3.3- Pagode do Templo Horyuji, no Japão.....	89
Figura 3.4- Casa em pinho nórdico.....	95

Figura 3.5- Casa de madeira tatajuba.....	96
Figura 3.6- Casa em madeira lamelada.....	96
Figura 3.7- Casa de madeira nobre.....	97
Figura 3.8- Casa em pranchas de madeira.....	97
Figura 3.9- Casa de troncos.....	98
Figura 3.10- Troncos trabalhados à medida.....	99
Figura 3.11- Troncos trabalhados em serração.....	99
Figura 3.12- Casa de madeira pesada.....	100
Figura 3.13- Estrutura em Post & Beam.....	101
Figura 3.14- Estrutura em Timber Frame.....	102
Figura 3.15- Casa em madeira leve.....	103
Figura 3.16- Estrutura em Ballon Frame.....	104
Figura 3.17- Estrutura em Platform Frame.....	104
Figura 4.1- Distrito da Guarda.....	111
Figura 4.2- Densidade populacional em 2009.....	112
Figura 4.3- Fotografia aérea da habitação, Pera do Moço – Guarda.....	113
Figura 4.4- Fotografia da habitação em estudo, Pera do Moço – Guarda.....	114
Figura 4.5- Fotografia da fachada principal da habitação em estudo, Pera do Moço – Guarda.....	115
Figura 4.6- TinyTalk, aparelho de medição de temperatura.....	115

Índice de gráficos

Gráfico 1.1- Comportamento da temperatura num dia de sol à altura do solo.....	22
Gráfico 1.2- Relação entre o ângulo de incidência e a intensidade da radiação solar.....	25
Gráfico 1.3- Comportamento de inercia térmica face à variação de temperatura exterior.....	32
Gráfico 1.4- Diagrama do conforto humano.....	32
Gráficos 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4- Variação da radiação global em janelas de diferentes orientações nas diversas horas.....	39
Gráfico 4.1- Humidade relativa máxima e mínima no interior da habitação.....	116
Gráfico 4.2- Humidade relativa máxima e mínima no exterior da habitação.....	117
Gráfico 4.3- Temperatura máxima e mínima exterior.....	117
Gráfico 4.4- Temperatura máxima e mínima na sala/cozinha.....	118
Gráfico 4.5- Temperatura máxima e mínima no quarto 1.....	118
Gráfico 4.6- Temperatura máxima e mínima no quarto 2.....	119
Gráfico 4.7- Temperatura máxima e mínima na casa de banho.....	119
Gráfico 4.8- Comparação entre a humidade relativa mínima interior e exterior.....	120
Gráfico 4.9- Comparação entre a humidade relativa máxima interior e exterior.....	120
Gráfico 4.10- Comparação entre a temperatura mínima interior e a mínima exterior (sala/cozinha).....	121
Gráfico 4.11- Comparação entre a temperatura máxima interior e a máxima exterior (sala/cozinha).....	121
Gráfico 4.12- Comparação entre a temperatura mínima interior e a mínima exterior (quarto 1).....	122

Gráfico 4.13- Comparação entre a temperatura máxima interior e a máxima exterior (quarto 1).....	123
Gráfico 4.14- Evolução horária da temperatura no dia mais quente.....	124
Gráfico 4.15- Evolução horária da temperatura no dia menos quente.....	125
Gráfico 4.16- Temperatura média na habitação dos 19 dias de medição.....	126

Introdução

O setor da construção tem sobre o ambiente um grande efeito e possui um importante papel no cumprimento das metas de um desenvolvimento sustentável que tanto hoje se fala. O impacto ambiental causado pela indústria da construção e pelas empresas a montante produtoras de grande diversidade de materiais é muito forte. A exploração intensiva de madeiras e pedreiras, a extração inadequada de areias, o consumo descontrolado de energia e a deposição ilegal de resíduos têm tido reflexos bastante negativos nos ecossistemas e na perda da biodiversidade.

Os edifícios consomem grande quantidade de recursos naturais e contribuem de várias formas para o impacto ambiental, quer no processo construtivo, quer na fase de utilização, como eventualmente na fase de demolição.

Na Europa os edifícios constituem o espaço onde as pessoas permanecem cerca de 90% do seu tempo, gerando tal facto uma apreciável necessidade energética para aquecimento, arrefecimento e iluminação. Justifica-se, assim, a importância da implementação de práticas de projeto considerando a integração harmoniosa do edificado com o meio ambiente e se implementem tecnologias energeticamente sustentáveis, e que recorram a formas de energia renováveis, para fazer frente a estes problemas do consumo energético e contribuição para diminuição da emissão de gases com efeito de estufa.

A arquitetura bioclimática é definida como “uma forma de desenho lógico que reconhece a persistência do existente, é culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais e utiliza a própria conceção arquitetónica como mediadora entre homem e meio” (Romero, 2001).

O estudo da arquitetura bioclimática incentiva o aproveitamento dos recursos e condições ambientais locais, através de estratégias específicas de acordo com o lugar em que a obra será inserida. A procura pela eficiência através das tecnologias construtivas deve aliar-se a critérios estéticos, funcionais, de conforto e de eficiência.

Dessa forma, os projetos arquitetónicos devem apresentar soluções para as questões ambientais locais considerando, principalmente, as características climáticas, tais como a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a humidade, a radiação solar, a direção e velocidade dos ventos (Gonçalves & Duarte, 2006).

Também a questão dos ruídos e a qualidade do ar são elementos de interferência, especialmente no dimensionamento e desenho das aberturas, influenciando na realização de uma arquitetura de menor impacto ambiental e maior eficiência energética. Nesse sentido, a proposta de estudo da arquitetura bioclimática está inserida num contexto mais amplo, que é a construção sustentável. Ações de sustentabilidade estão vinculadas a políticas públicas e fatores inerentes ao círculo de influência do arquiteto. Assim, questões como a legislação urbanística deve ser amplamente discutida e analisada.

Uma vez que a arquitetura bioclimática visa uma “amizade” com o meio ambiente, importa também conciliar as técnicas usadas com materiais de construção renováveis e/ou não agressivos para o ambiente.

Entre todos os materiais de construção, a madeira é o único natural e renovável. A casa de madeira nasce da floresta, esse pulmão da Terra que gera oxigénio, absorve dióxido de carbono e reduz o efeito de estufa. A Ecologia e a salvaguarda do meio ambiente preocupam hoje uma percentagem crescente de cidadãos. Mas, contrariamente ao senso comum, a floresta precisa de ser mantida e cortada de forma ordenada e racional, para que o seu ciclo natural continue. Nas florestas abandonadas, as árvores morrem velhas,

vítimas da concorrência mútua, de ataques de parasitas e decompõem-se, deixando de produzir oxigénio, e libertando CO₂, alterando assim o seu papel ecológico. Nas florestas com desenvolvimento sustentado, as massas tem uma produção constante ou crescente e o seu volume em pé nunca diminui. O princípio é simples: no máximo, corta-se o volume de madeira que a massa florestal produziu num ano.

A procura de casas de madeira tem aumentado nos últimos anos, principalmente como segunda habitação, apesar da conjuntura de crise. E apesar de ainda estarmos longe dos padrões europeus de consumo, em que as casas de madeira são uma opção natural e preferida pela maior parte da população, as empresas portuguesas produtoras de casas de madeira já sentem os efeitos desse aumento da procura. Relativamente ao tipo de construção destas casas, existem dois tipos: as personalizadas, ou seja, aquelas que são feitas de raiz como as casas de cimento, e as modulares, que são módulos de madeira pré-fabricados e que se podem agrupar até uma determinada dimensão.

Capítulo I – Conceitos base

1.1-Água

Um dos grandes problemas da humanidade no Século XXI é a disponibilidade de água potável para suprir as necessidades básicas da população.

De um ponto de vista metodológico a água para consumo da comunidade pode ser classificada como: “água para beber”, “água potável” e “água não potável”. A primeira categoria é entendida como água de grande qualidade, tratada especificamente para ser bebida, enquanto “água potável” se refere àquela que pode ser bebida esporadicamente sem problemas, mas que, em princípio,

não deveria ser usada para tal. Água não potável, como o próprio nome indica, não é apropriada para ser ingerida.

A água é um bem fundamental para quase tudo. Atualmente, as habitações, indústrias e agricultura, representam as grandes fatias de consumos.

Do ponto de vista ecológico e sanitário, a água para as habitações é mais considerável, pois revela-se como alimento imprescindível, ou seja, aquele que permite ao homem sobreviver num planeta onde o clima já perdeu a coerência, além de se apresentar como determinante universal no exercício da higiene.

É facto que as atividades humanas e o estilo de vida e desenvolvimento têm influenciado na disponibilidade de uma série de recursos, entre eles a água. A água em algumas regiões tem-se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida.

Um dos maiores desperdícios de água a nível habitacional é a descarga sanitária, onde são gastos entre 8 a 14 litros de água, quando 4 a 6 litros seriam suficientes. Duches, máquinas de lavar e regas de jardins são outros fatores de grande consumo de água. Nem toda a água que utilizamos na habitação precisa de ser potável. Atividades como descargas sanitárias, rega de jardins, lavagem do carro podem ser feitas com águas pluviais, diminuindo assim, significativamente, o consumo de água potável. Atualmente existem equipamentos mais eficientes que permitem uma grande poupança de água, nomeadamente máquinas de lavar ou até mesmo torneiras que reduzem significativamente o caudal evitando assim os desperdícios. Contudo, uma grande percentagem de desperdícios deve-se aos maus hábitos da população.

A água é um bem fundamental à vida, no entanto pode ser aproveitada para diversos fins. Em pequena ou em larga escala as massas de água têm uma grande influência sobre o microclima de um local visto que regulam as flutuações de temperatura agindo como tampões térmicos.

Assim, quando a água evapora permite um certo arrefecimento da zona circundante, tornando-se um grande aliado na refrigeração dos edifícios.

Mais à frente iremos ver como podemos aproveitar as águas pluviais para benefício da habitação.



Figura 1.1- Desenho ilustrativo da falta de água. Fonte: <http://envolverde.com.br/ambiente/agua/a-importancia-da-agua-uma-analise-holistica/>

1.2-Humidade

O ar é composto por uma mistura de ar seco e vapor de água. A humidade traduz qual a percentagem de água que o ar contém e o seu valor é influenciado não só pela temperatura do ar mas também pelo volume de precipitações, pela vegetação, pelo tipo de solo e pelas condições climáticas tais como os ventos e a exposição solar.

A humidade influencia a sensação de bem-estar visto que uma das formas do corpo regular a temperatura passa pela evaporação.

A humidade que decorre do uso normal dos edifícios, assim como as infiltrações de água, associada à insuficiente ventilação, conduz ao aumento da humidade ambiente e ao desenvolvimento de bolores e de outros fungos que constituem um fator negativo para a saúde, principalmente em edifícios com insuficiente isolamento térmico e deficiente aquecimento nos períodos frios.

A humidade constitui a principal causa, direta ou indireta, de anomalias construtivas nos edifícios, como tal importa identificar as suas várias formas de manifestação, que estão intimamente associadas à respetiva origem e que são (Dinis, 2010):

- Humidade de construção;
- Humidade do terreno;
- Humidade de precipitação;
- Humidade de condensação;
- Humidade devida à higroscopicidade dos materiais;
- Humidade devida a causas fortuitas.

2.1-Humidade de construção

A humidade de construção manifesta-se, principalmente devido à necessidade de utilização de água na aplicação da maior parte dos materiais empregues na construção de edifícios ou em ações de reparação e devido à ação direta da chuva nas edificações na fase de construção (Dinis, 2010).

Em regra, este tipo de humidade ocorre ao longo do primeiro ano após a construção e desaparece no fim de um período relativamente curto em função das características do edifício em causa e da região climática em que se localiza.

A humidade de construção pode dar origem à ocorrência de anomalias devido à evaporação de água existente, provocando expansões ou destaques de alguns materiais ou devido ao simples facto de os materiais possuírem um teor de água superior ao normal, levando à ocorrência de manchas de humidade ou condensações.

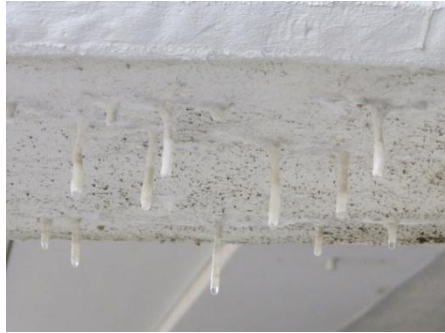


Figura 1.2- Exemplo de humidade de construção.

2.2- *Humidade do terreno*

A humidade do terreno pode afetar todos os elementos em contacto com o terreno, assim como outros elementos adjacentes das edificações.

A manifestação de humidade proveniente do terreno deve-se à absorção e ascensão capilar, em paredes que estejam em contacto com a água do solo, ou seja, nas fundações de paredes situadas abaixo do nível freático ou situadas acima do nível freático em zonas cujo terreno tenha elevada capilaridade e em paredes implantadas, em terrenos pouco permeáveis ou com pendentes viradas para as paredes. A água existente no solo pode ser proveniente de águas superficiais ou freáticas (Dinis, 2010).

Este tipo de problemas surge devido à existência de materiais com elevada capilaridade e devido à inexistência, ou deficiente posicionamento, de barreiras estanques nas paredes.

A presença de humidade do terreno conduz ao aparecimento de manchas de humidade nas zonas das paredes junto ao solo, bolores ou vegetação parasitária, principalmente em locais com ventilação deficiente, deterioração dos materiais de construção e descolamentos de revestimentos.



Figura 1.3- Exemplo de humidade do terreno. Fonte: (Dinis, 2010).

2.3- *Humidade de precipitação*

A água de precipitação, tanto no estado líquido (chuva) como no estado sólido (neve), pode penetrar nos edifícios através dos seus elementos da envolvente exterior (paredes, incluindo os respetivos vãos e coberturas) e deste modo vai humedecer os materiais e provocar frequentemente alterações nos mesmos (Dinis, 2010).

A ocorrência de anomalias provenientes deste tipo de humidade é muito frequente, dependendo de vários fatores, intrínsecos aos materiais e elementos de construção (porosidade, existência de juntas ou fendas, ausência de ou funcionamento incorreto dos dispositivos de recolha e evacuação da água da chuva, etc.) e outros extrínsecos àqueles (intensidade da precipitação, ação do vento, ação da gravidade, etc.).

Segundo Dinis (2010), a ação da chuva e do vento não são a causa das anomalias, mas sim os erros de projeto e conceção, visto que na conceção de uma parede deve ser considerada a sua localização geográfica e orientação, de forma a ser possível avaliar os respetivos riscos de molhagem face à ação da chuva incidente. As anomalias visíveis associadas à humidade de precipitação são geralmente as manchas de humidade, de dimensões variáveis, nos paramentos interiores das paredes exteriores em correspondência com a ocorrência de chuvas. Nas zonas onde ocorrem manchas de humidade é frequente a ocorrência bolores.



Figura 1.4- Exemplo de humidade de precipitação.

2.4- *Humidade de condensação*

A humidade de condensação é proveniente do vapor de água existente no ar ambiente interior dos edifícios, que se condensa nos paramentos expostos (condensações superficiais) ou no interior (condensações internas) dos elementos de construção. Esta é uma das causas mais correntes da existência de anomalias em edifícios, sobretudo nos de habitação.

Em geral, a ocorrência de condensações superficiais em paredes depende das condições de ocupação das edificações, das quais depende a produção de vapor nas edificações, da ventilação dos locais, do isolamento térmico das paredes e da temperatura ambiente interior, enquanto a ocorrência de condensações internas é influenciada pelas

características de isolamento térmico dos vários materiais que constituem as paredes e pelas características de permeabilidade ao vapor de água desses materiais (Dinis, 2010). A fraca exigência legal em termos de comportamento térmico de edifícios é a principal causa para o aparecimento das humidades de condensação, pelo isolamento térmico inadequado e também pela falta de ventilação natural e mecânica eficaz.



Figura 1.5- Exemplo de humidade de condensação.

2.5- Humidade devida à higroscopicidade dos materiais

A humidade devida a fenómenos de higroscopicidade deve-se ao vasto número de materiais de construção que apresentam na sua constituição sais solúveis em água, de modo que, quando as paredes são humedecidas os sais dissolvidos vão acompanhar as migrações de águas às superfícies onde irão cristalizar. Os sais solúveis higroscópicos têm a capacidade de absorver a humidade do ar dissolvendo-se quando a humidade relativa se encontra acima dos 65% - 70%, voltando a cristalizar com um aumento de volume quando esta baixa destes valores (Dinis, 2010).

As anomalias mais frequentes associadas a este fenómeno são caracterizadas pelo aparecimento de manchas de humidade em zonas com grandes concentrações de sais e eventual degradação dos revestimentos superficiais.



Figura 1.6- Exemplo de humidade devida à higroscopicidade dos materiais.

2.6- Humidade devida a causas fortuitas

Nesta designação podem englobar-se todos os fenómenos de ocorrência accidental de humidades de edifícios com origem diversa nas formas de manifestação anteriormente referidas.

As causas mais frequentes deste tipo de anomalias são (Dinis, 2010):

- Roturas ou perdas de estanquicidade nas canalizações, designadamente nas instalações de distribuição e drenagem de água;
- Infiltrações nas paredes de águas provenientes da cobertura devido a entupimentos de caleiras, algerozes ou tubos de queda, e outras deficiências causadas por falta de manutenção ou erros de execução;
- Inundações accidentais.

Nos edifícios antigos, as roturas de instalações de distribuição e drenagem de água, constituem umas das principais causas do aparecimento de humidade, sobretudo em casos em que as instalações foram executadas após a construção do edifício.

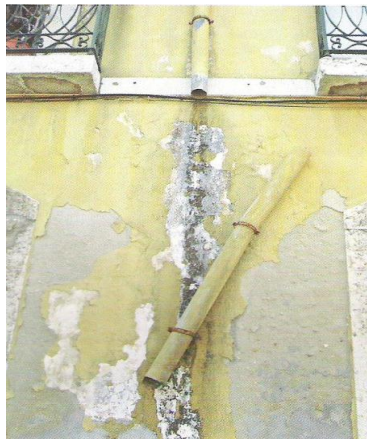


Figura 1.7- Exemplo de humidade devida a causas fortuitas. Fonte: (Dinis, 2010).

Analisando os vários tipos de manifestação é possível concluir que são diversos os fatores que dão origem à existência de humidade nos edifícios. Assim sendo a humidade é um “inimigo” que tem que se combater ou eliminar numa habitação de forma a evitar males para a saúde, mas também para a própria preservação da habitação.

1.3- Temperatura

A temperatura depende essencialmente da radiação solar, do vento, da altitude e da natureza do solo. O Sol aquece a atmosfera indiretamente visto que o solo acumula a energia solar que recebe e reemite o calor por radiação e convecção. A propagação deste

calor é então assegurada através da turbulência do ar, ou seja, através do vento. Durante o dia, como resultado de uma maior quantidade de radiação direta incidente, a temperatura tem tendência a subir, acontecendo o inverso à noite. O calor pode ser definido como energia em trânsito devido à diferença de temperatura. A transmissão de calor pode ocorrer segundo três mecanismos: *Condução*, *Convecção* e *Radiação*

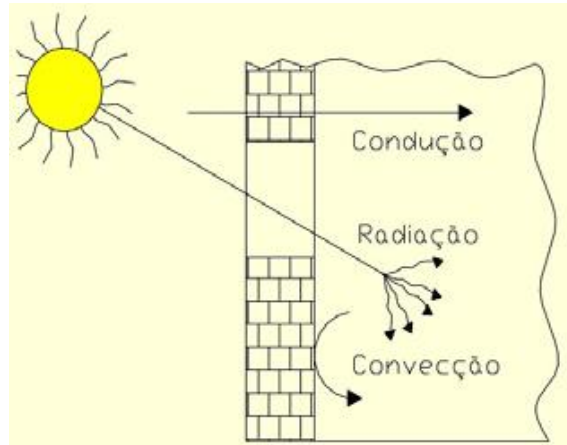


Figura 1.8- Esquema representativo dos mecanismos de transferência de calor. Fonte: (Gomes, 2010).

- ✚ A *Condução* é, nos edifícios, o processo de transmissão de calor mais significativo e depende da condutividade térmica dos materiais e da espessura do elemento da envolvente;
- ✚ A *Convecção* pode ser *natural* - processo de [transporte de massa](#) caracterizado pelo movimento de um fluido devido à sua diferença de densidade, especialmente por meio de calor - ou *forçada* - quando o fluxo é produzido por fontes externas;
- ✚ A *Radiação* é baseada na transferência de energia por ondas eletromagnéticas, ocorrendo quando existem duas superfícies a diferentes temperaturas, em que, devido à vibração das moléculas superficiais é emitida energia radiante através do espaço até atingir uma superfície opaca, a qual absorve parte desta energia e reflete a restante.

Importa perceber também, como se comporta o ar e o solo relativamente à variação de temperatura nas diferentes horas do dia. No gráfico seguinte podemos ver a comparação.

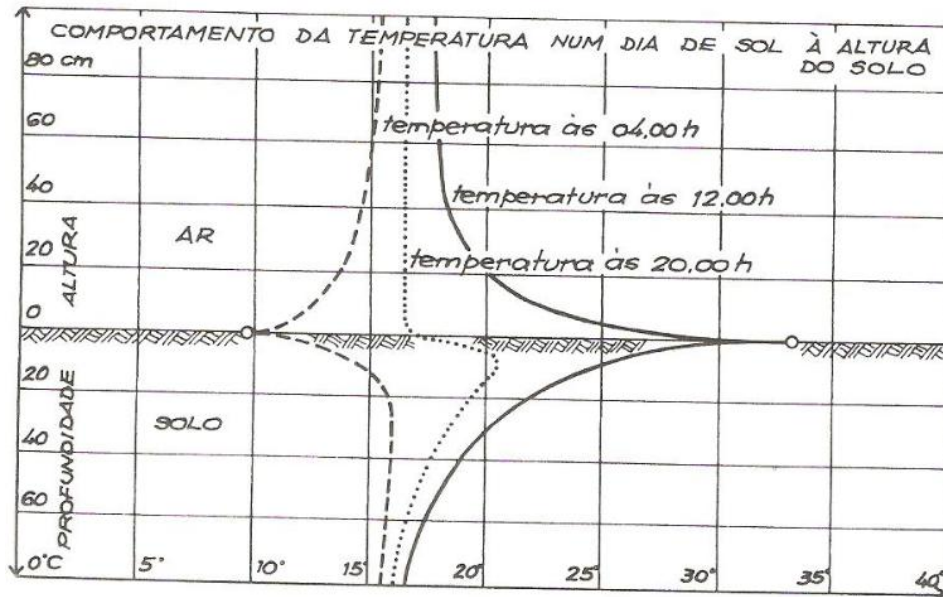


Gráfico 1.1- Comportamento da temperatura num dia de sol à altura do solo. Fonte: (Moita, 2011).

Analisando o gráfico, às 4h da madrugada facilmente percebemos que a temperatura diminui à medida que nos aproximamos da cota zero. Por outro lado a temperatura no solo tem comportamento inverso, ou seja, a temperatura aumenta com a profundidade, permanecendo praticamente constante a partir dos 20cm.

Comparando agora, as temperaturas do ar e do solo às 20h, verificamos que a temperatura do ar é constante no intervalo de altura considerado. Tal não acontece em relação ao solo. A temperatura do solo é maior novamente nos primeiros 20cm de profundidade, diminuindo em seguida com o aumento dessa mesma profundidade.

Por fim analisando na hora tendencialmente mais quente, verificamos que a temperatura do ar aumenta à medida que nos aproximamos do solo, enquanto que o solo tem o seu valor máximo à cota zero, diminuindo a temperatura de forma exponencial com o aumento da profundidade.

É de notar que qualquer que seja a hora, bem como a temperatura, para uma profundidade de 80cm abaixo do solo, a temperatura tende a ser a mesma.

A análise deste gráfico é de extrema importância, pois mais à frente iremos ver de que forma podemos aproveitar o solo como aliado no comportamento térmico da habitação. Importa ainda salientar que uma percentagem significativa de perdas de calor dos edifícios é para o solo, sendo assim, necessário o isolamento de zonas que estejam a uma certa profundidade.

1.4-Efeito de estufa

Globalmente pode definir-se efeito de estufa como o fenómeno em que a radiação entra num local mas não consegue voltar a sair aquecendo assim o local em causa. Este processo ocorre quando uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência disso, o calor fica retido, não sendo libertado para o espaço. O efeito

estufa dentro de uma determinada faixa é de vital importância pois, sem ele, a vida como a conhecemos não poderia existir. Serve para manter o planeta aquecido, e assim, garantir a manutenção da vida.

O que se pode tornar catastrófico é a ocorrência de um agravamento do efeito estufa que destabilize o equilíbrio energético no planeta e origine um fenômeno conhecido como aquecimento global.

Ao nível das habitações, os locais fechados por vidros são particularmente sujeitos a este fenômeno, visto o vidro ter um comportamento curioso em relação à radiação. O vidro é transparente para a radiação no espectro do visível mas é opaco para radiação com comprimento de onda mais elevado. O que acontece quando os raios solares entram numa casa é que vão aquecer os objetos que depois emitem radiação no espectro do infravermelho (maior comprimento de onda) que não consegue sair, ficando assim a energia retida no interior. Este tipo de efeito é muito útil nas estações frias visto permitir armazenar calor, porém pode ser um “inimigo” no verão aquecendo em demasia a habitação.

É de notar que o efeito de estufa sendo um dos maiores problemas ambientais, em pequena escala, como é o caso das habitações, pode ser bastante útil nas estações frias.

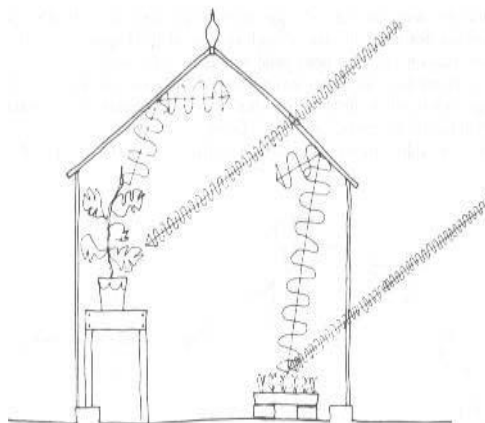


Figura 1.9- Efeito de estufa. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004).

1.5-Energia solar

O sol está situado a cerca de 150 milhões de quilômetros, sendo a estrela mais próxima da terra, e fornece-nos a quase totalidade da energia consumida no nosso planeta.

Da totalidade da radiação solar que chega à atmosfera (constante solar = 1370 W/m^2), 32% são reenviados para o espaço celeste por difusão, 15% são absorvidos pela própria atmosfera e 6% são refletidos pela superfície terrestre. Só 47% são absorvidos pela terra (Moita, 2011).

O balanço térmico final da terra é nulo, ou seja, toda a energia absorvida pela terra acaba sempre por ser novamente perdida para o espaço, por fenômenos de evaporação, radiação, etc. Se assim não fosse, a temperatura da terra não parava de aumentar.

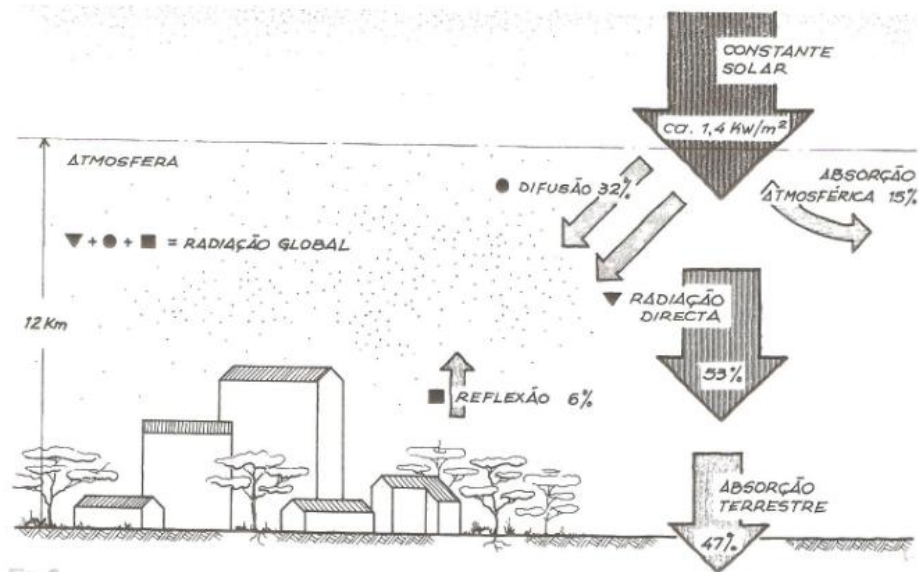


Figura 1.10- Esquema da radiação solar recebida. Fonte: (Moita, 2011).

A intensidade da radiação solar direta é variável segundo o ângulo de incidência, atingindo o seu valor máximo quando a radiação é perpendicular à superfície de captação.

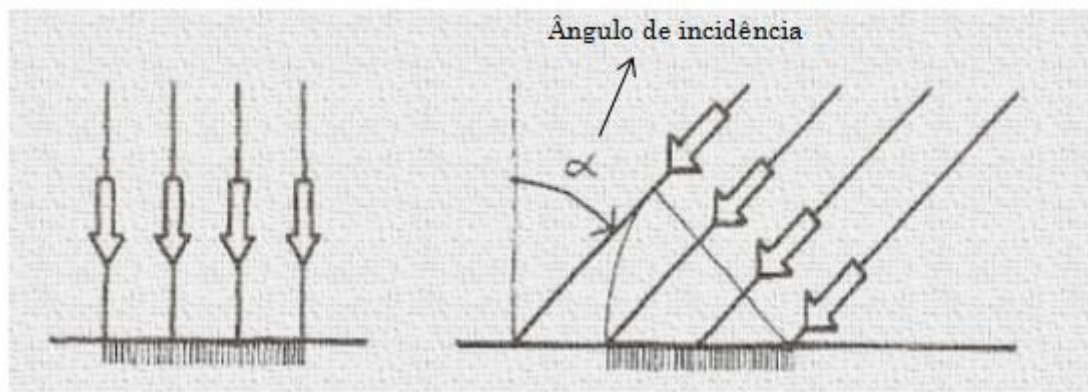


Figura 1.11- Representação do ângulo de incidência.

Segundo Moita (2011), a intensidade solar depende ainda de vários fatores como: a espessura da camada de atmosfera, a temperatura do ar, a altitude, a quantidade de vapor de água, entre outros que tem influência na radiação total recebida. No gráfico seguinte podemos ver que para uma altura de 3000m e um ângulo de incidência de 90° podemos chegar a valores perto dos 1200 W/m^2 , sendo esse valor bastante próximo da constante solar.

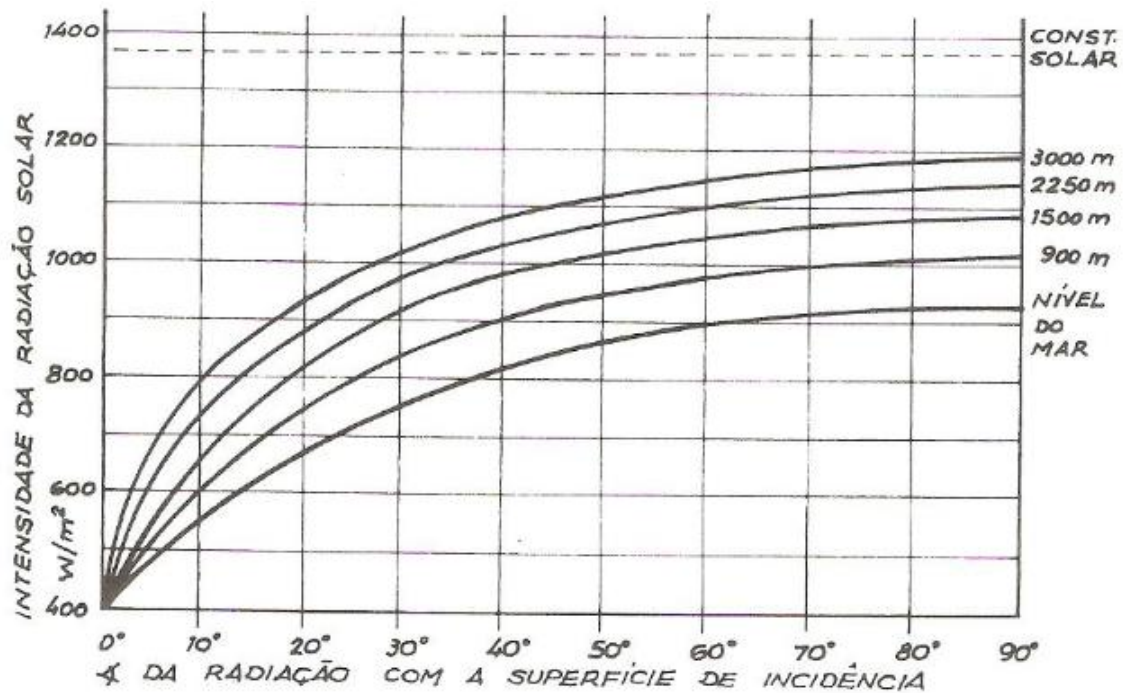


Gráfico 1.2- Relação entre o ângulo de incidência e a intensidade da radiação solar. Fonte: (Moita, 2011).

A energia solar depende de dois fatores: a trajetória do Sol e a duração da exposição solar. É a trajetória solar que define a duração da exposição solar, e o ângulo de incidência dos raios solares que determinam a intensidade da radiação.

5.1-Geometria Solar

É importante conhecer os diferentes percursos do sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano no sentido de:

- Aproveitar da melhor forma os ganhos solares para o interior do edifício nos casos em que o contributo da radiação se afigura necessário;
- Restringir a sua entrada, nos casos em que o mesmo efeito se afigura inconveniente.

A “localização” do sol ao longo do ano tem uma grande importância, no que respeita à definição da localização das fachadas envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro que se escolhe. Apresentam-se algumas linhas de orientação relativamente à utilização das fachadas envidraçadas para as latitudes de Portugal.

Em termos anuais, verifica-se que uma fachada envidraçada orientada a Sul receberá um maior nível de radiação solar do que fachadas noutras orientações, sendo que no Verão é uma fachada mais facilmente protegida dessa mesma radiação.

Numa fachada orientada a Sul deve ter-se em conta que (Gonçalves & Graça, 2004):

- No Inverno, sendo necessário aquecer os edifícios, a estratégia correta será a de captar a radiação solar disponível. É a orientação a sul aquela que propicia maiores ganhos solares. O percurso do sol no Inverno é vantajoso para esta orientação, uma vez que o seu percurso se efetua para azimutes muito próximos do Sul geográfico.
- No Verão, torna-se necessário minimizar os ganhos solares, uma vez que, no seu percurso de Nordeste (onde nasce) até Noroeste (onde se põe), o sol “vê” todas as orientações, sendo que é a horizontal (coberturas), que maior nível de radiação recebe.

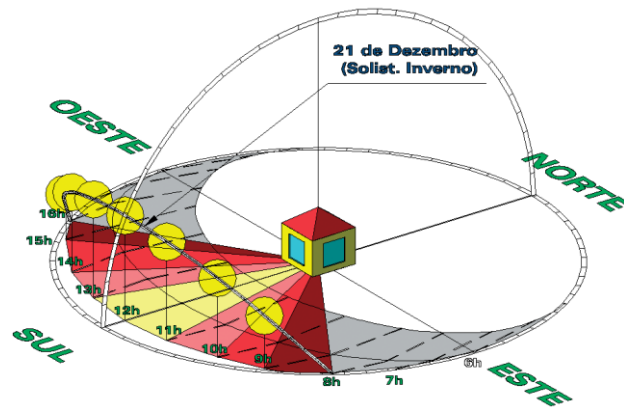


Figura 1.12- Exposição solar da fachada voltada a Sul durante o inverno. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

Sendo o percurso do sol, durante o período da manhã e princípio da tarde, perto da perpendicular aos envidraçados verticais de uma fachada **orientada a Sul**, possibilita uma maior entrada de radiação para o edifício.

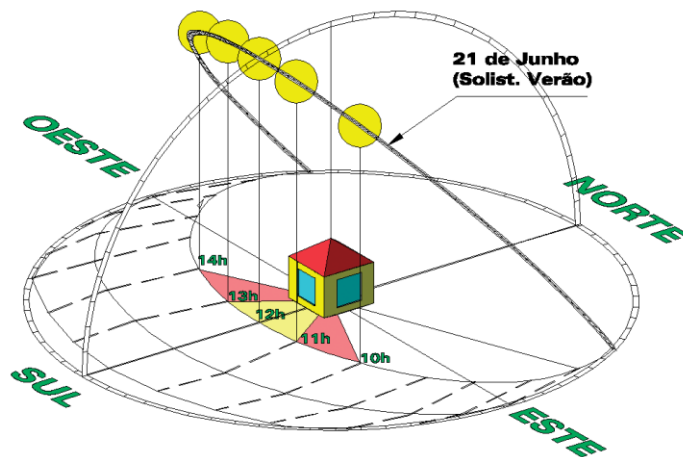


Figura 1.13- Exposição solar da fachada voltada a Sul durante o verão. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

Sendo o percurso do sol mais próximo do zênite, a sua incidência, em **envidraçados verticais orientados a Sul**, faz-se com grandes ângulos, o que reduz os ganhos solares. A existência de uma pala de reduzidas dimensões pode atenuar totalmente a incidência de radiação direta.

Numa fachada orientada a **Este**, o dimensionamento dos vãos envidraçados deverá ter em conta que (Gonçalves & Graça, 2004):

- No Inverno, uma fachada com esta orientação recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação Sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da manhã, desde o nascer do sol, que ocorre cedo e próximo da orientação Nordeste, até ao meio-dia. Os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável.

Na fachada orientada a **Oeste**, sendo simétrica em relação à fachada orientada a Este, os efeitos da ação solar são semelhantes aos desta, diferindo apenas no período do dia em que ocorrem. É no período da tarde que ocorrem as maiores temperaturas do ar no exterior, conjugando-se assim dois efeitos muito negativos. Assim:

- No Inverno, uma fachada orientada a Oeste recebe pouca radiação durante poucas horas do período da tarde. Os ângulos de incidência são elevados, o que reduz o efeito da radiação.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da tarde, desde o meio-dia, até ao pôr-do-sol, que ocorre tarde e próximo da orientação Noroeste. Esta é a fachada mais problemática em termos de Verão. Estas fachadas são responsáveis por grandes cargas térmicas nos edifícios, sendo necessário ter um maior cuidado com elas, quer em termos de áreas, tipos de vidros e sombreamentos.

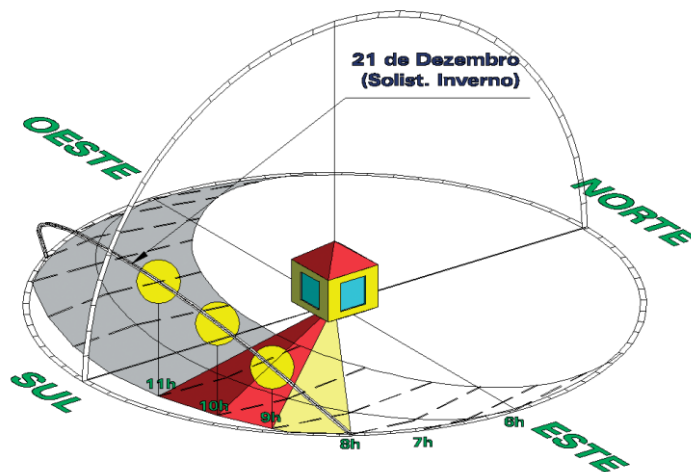


Figura 1.14- Exposição solar da fachada voltada a Este durante o inverno. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

No Inverno, uma fachada orientada a **Nascente** recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação Sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência.

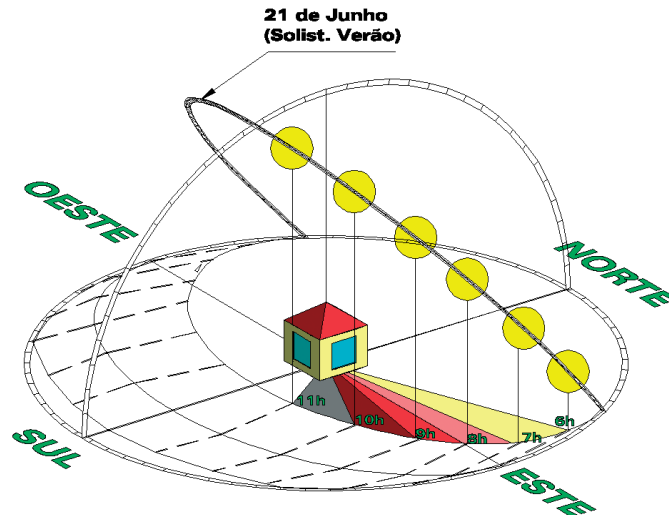


Figura 1.15- Exposição solar da fachada voltada a Este durante o verão. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

No Verão, numa fachada orientada a **Nascente**, a incidência dos raios solares ocorre, durante longas horas da manhã (inicia-se com nascer do sol, ocorre próximo da orientação Nordeste, e termina ao meio-dia) e exerce-se segundo ângulos próximos da perpendicular aos envidraçados verticais, fator que promove uma maior captação de energia solar que, nesta estação, é indesejável.

A fachada orientada a **Norte** é a menos problemática num edifício em termos de radiação solar, sendo pois a mais fria:

- No Inverno, não recebe nenhuma radiação direta, porém recebe radiação difusa a partir da abóbada celeste e reflexões de outras superfícies.
- No Verão, recebe uma pequena fração de radiação direta do sol no princípio da manhã e fim da tarde.

1.6-Vento

O vento resulta da deslocação de uma massa de ar, maioritariamente na horizontal, de uma zona de alta pressão para uma zona de baixa pressão. Vários parâmetros afetam a sua existência e a sua velocidade que, em geral, aumenta com a altitude sendo a topografia um destes fatores.

O vento é geralmente uma vantagem no Verão visto que permite arrefecer a atmosfera, mas é uma desvantagem no Inverno visto ser um dos fatores que contribui para o arrefecimento dos edifícios por convecção. Este é comumente classificado pela sua escala no espaço, sua velocidade, os tipos de forças que o causam, as regiões na qual ele ocorre e os seus efeitos.

Relativamente à influência do vento em relação aos edifícios, define-se o termo barlavento como sendo a região de onde sopra o vento (em relação à edificação), e sotavento a região oposta àquela de onde sopra o vento. Quando o vento sopra sobre uma superfície existe uma sobrepressão (sinal positivo), porém em alguns casos pode acontecer o contrário, ou seja existir sucção (sinal negativo) sobre a superfície. O vento atua sempre perpendicularmente à superfície que obstrui a sua passagem.

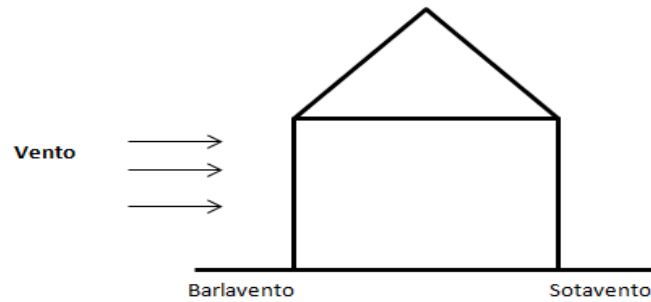


Figura 1.16- Barlavento e sotavento segundo a direção do vento.

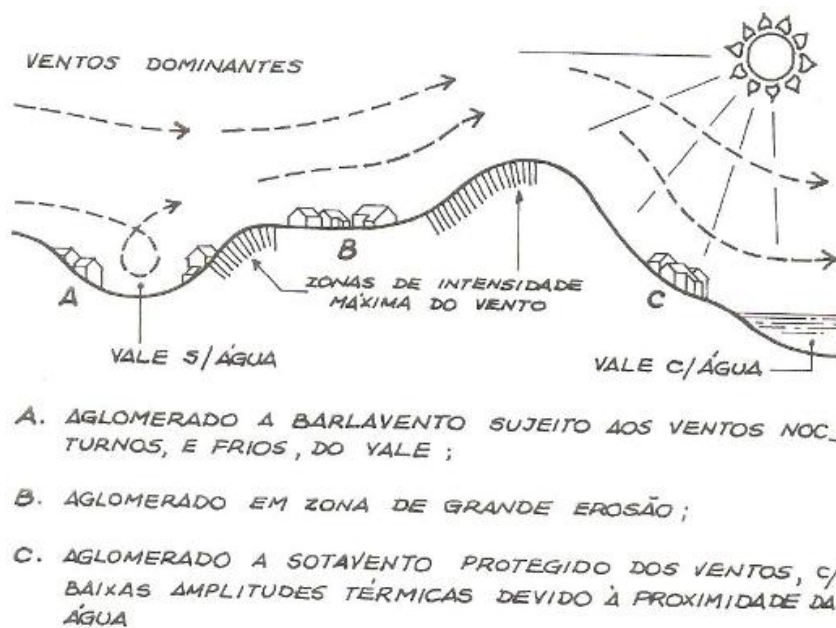


Figura 1.17- Influência do vento em diferentes posições geográficas. (Moita, 2011).

1.7-Vegetação

A vegetação em arquitetura bioclimática é muito útil visto proteger de forma sazonal os edifícios, refrescá-los através da evapotranspiração e filtrar o pó em suspensão no ar. Todavia é preciso ter em atenção a escolha das plantas tendo em consideração os objetivos pretendidos. Por exemplo, escolher vegetação de folha caduca para sombrear no Verão mas não no Inverno.

A vegetação, infelizmente tão desprezada por muitos, é um elemento de extrema importância na regularização e equilíbrio das condições climáticas extremas, assim como no estabelecimento de relações microclimáticas tendentes a uma melhor integração do homem no meio geográfico.

As características e espécie de vegetação, o tipo e a densidade da sua folhagem, a forma de ordenamento entre si, o posicionamento no terreno e o débito de evaporação são, entre outros, fatores que podem influenciar decisivamente o clima e originar diferentes efeitos específicos climáticos e contribuindo, assim, para uma melhoria dos microclimas urbanos.

O equilíbrio do clima e a criação de microclimas amenos através do recurso à vegetação são, no entanto, possíveis com o auxílio de adequadas proteções contra o vento, dado que este, quando forte, anula todas as pequenas diferenças climáticas.

Telhado verde é uma técnica de arquitetura que consiste na aplicação e uso de solo e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada na cobertura de residências, fábricas, escritórios e outras edificações, é um exemplo do uso da vegetação nos edifícios. As suas principais vantagens são facilitar a drenagem, fornecer isolamento acústico e térmico e produzir um diferencial estético e ambiental na edificação, como iremos ver mais a frente.



Figura 1.18- Habitação com telhado verde. Fonte: http://vanessavicentee.blogspot.pt/2010_05_01_archive.html

1.8-Inércia térmica

Um corpo aquece quando a temperatura do meio que o envolve sobe. Se a temperatura sobe lentamente é dito que o corpo tem uma grande inércia térmica enquanto se a temperatura subir rapidamente diz-se que o corpo tem baixa inércia térmica (Ex: Paredes em adobe têm grande inércia térmica; paredes em metal têm pouca inércia térmica) (Lanham, Gama & Braz, 2004).

Este conceito é muito importante em casas bioclimáticas. Se elas tiverem uma baixa inércia térmica vão reagir rapidamente à radiação solar aquecendo rapidamente durante o dia mas também arrefecendo rapidamente à noite. Por outro lado, casas com grande inércia térmica vão manter-se mais tempo frescas durante o dia, enquanto armazenam calor, que vão libertar lentamente à noite.



Figura 1.19- Funcionamento da inércia térmica. Fonte: <http://www.xellaus.com/html/esp/es/5499.php>

A inércia térmica é especialmente relevante em climas sujeitos a grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo, como em Portugal.

Os materiais pesados e maciços que constituem a inércia térmica dos edifícios, quando bem aplicados, conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade térmica. Estes materiais pesados interagem muito lentamente com as temperaturas do meio que os rodeia e armazenam as respetivas temperaturas médias, porque as temperaturas de pico (quente e frio) não se mantêm durante suficiente tempo para serem acumuladas por estes materiais.

O conceito de inércia térmica caracteriza a resistência oferecida pelos sistemas térmicos à tentativa de alterar o seu estado termodinâmico. Nos edifícios, dado o carácter periódico das solicitações, esta resistência traduz-se por um amortecimento das ondas de calor e por um desfasamento entre as solicitações e a resposta do edifício. A inércia térmica tem origem na capacidade, que os materiais possuem, de armazenar calor (Lima, 2011).

Quanto maior for essa capacidade mais facilmente os sistemas térmicos absorvem as solicitações sem alterarem, radicalmente, o seu estado termodinâmico. Desta forma, um edifício de grande inércia térmica tem tendência a armazenar a energia recolhida por períodos mais longos e a amenizar, assim, os efeitos das variações climáticas. A utilização de um nível de inércia elevado nos edifícios pode assim contribuir para:

- Armazenar os ganhos solares de inverno e restituí-los ao interior dos recintos quando estes forem necessários, aumentando assim o seu fator de utilização;
- Prevenir contra os fenómenos de sobreaquecimento característicos das estações intermédias. Estes devem-se a um aumento acentuado da temperatura exterior durante o dia e aos fortes ganhos solares devidos, sobretudo, à incidência de radiação solar direta sobre os envidraçados;

Resumidamente, o gráfico seguinte traduz o efeito de inercia térmica, pretendido para os edifícios, onde facilmente se percebe que para uma grande variação da temperatura exterior, há uma pequena variação na temperatura interior.

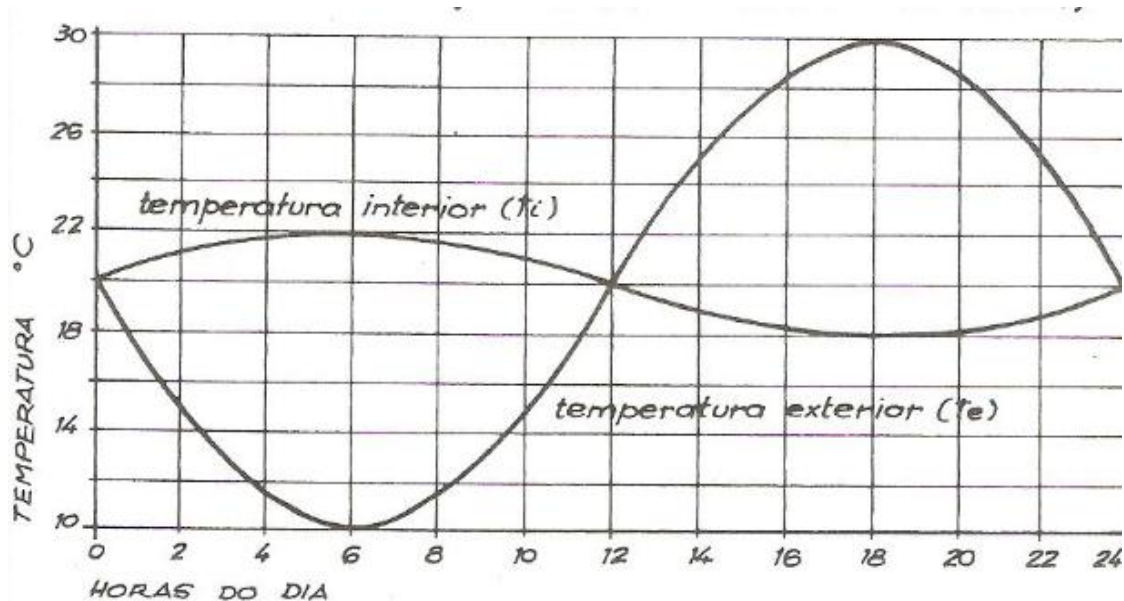


Gráfico 1.3- Comportamento de inercia térmica face à variação de temperatura exterior. Fonte: (Moita, 2011).

A inércia térmica pode também desempenhar um papel desfavorável em edifícios cuja ocupação seja essencialmente diurna ou cujos ganhos solares de inverno sejam pouco significativos. Neste caso, um nível elevado de inércia pode traduzir-se numa demora acentuada no restabelecimento das condições de conforto pelos equipamentos de climatização, aumentando, assim, o consumo de energia.

A inércia térmica é, pois, uma variável de extrema importância no que diz respeito ao desempenho térmico de um edifício. Por este motivo, a capacidade de armazenamento térmico deverá ser projetada, caso a caso, em função da geometria, do clima e do regime de ocupação.

Potencialmente, todo o material de elevada capacidade calorífica pode contribuir para o aumento da inércia térmica do edifício. No entanto, para que esse potencial possa ser convenientemente aproveitado, é necessário que os ganhos de energia se distribuam o mais uniformemente possível e pelos materiais. A massa térmica situada em zonas remotas não contribui eficazmente para o armazenamento da energia e traz, certamente, custos adicionais ao projeto. Por sua vez, a concentração dos ganhos solares sobre as superfícies é também desfavorável, visto que contribui para o aumento da temperatura

das mesmas, prejudicando, assim, a absorção de mais energia e podendo dar origem a sobreaquecimentos. Desta forma, todas as características que estejam diretamente relacionadas com a captação e redistribuição da energia afetam também a inércia térmica do edifício. Assim, para além da capacidade calorífica dos materiais, a condutibilidade térmica, a espessura das paredes e dos pavimentos, a distribuição das áreas de captação e armazenamento dos ganhos solares e a cor das superfícies, desempenham, também, um papel fundamental na forma como o edifício capta, distribui e armazena a energia (Lima, 2011).

1.9-Conforto térmico

O conforto térmico nas nossas casas é uma condição importante a alcançar para o bem-estar, para a saúde e, conseqüentemente, para a nossa longevidade. Mas a nossa produtividade também é condicionada pelo conforto térmico. O desconforto é um indicador importante para a saúde, porque é o primeiro sintoma que nos alerta para o facto das condições em que nos encontramos não serem adequadas ao que precisamos, pelo que devemos atuar (fechar janela, abrir janela, mudar de sítio...) para criar condições mais confortáveis.

Considera-se que o nosso corpo está em conforto térmico quando, à nossa temperatura corporal normal, a taxa de produção de calor é igual à taxa de perda. Há no entanto vários fatores que influenciam o modo como geramos calor, tais como a atividade física e mental e o metabolismo mais ou menos rápido. Há ainda, fatores que influenciam a forma como perdemos calor, tais como o isolamento corporal natural, as roupas, a temperatura, a humidade e a velocidade do ar (Lanham, Gama & Braz, 2004).

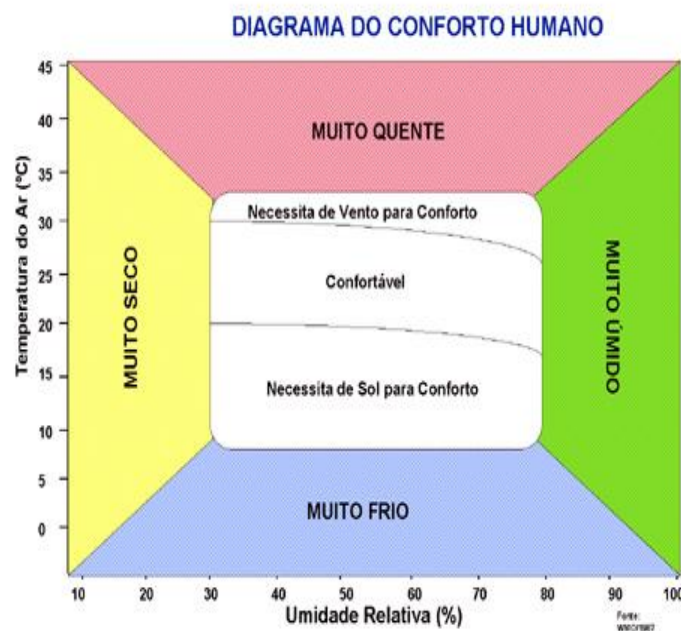


Gráfico 1.4- Diagrama do conforto humano. Fonte: http://www.inmet.gov.br/html/clima/conforto_term/index.html

O conjunto de parâmetros que influenciam diretamente o conforto térmico que podem ser diferenciados da seguinte forma:

✚ Fatores Pessoais:

- Tipo e quantidade de vestuário;
- Nível de atividade;
- Características fisiológicas;

✚ Fatores Ambientais:

- Temperatura do ar;
- Temperatura média radiante;
- Velocidade do ar;
- Humidade relativa;

O **metabolismo** é a soma da reação química produzida no corpo para o manter a uma temperatura estável de 36°C e para compensar a sua permanente perda de calor para o meio imediato que o envolve. A produção de energia metabólica (calor) e a necessidade de recobrirmos o corpo com vestuário dependem do nível de atividade física que despendemos. O vestuário impede ou atrasa o intercâmbio de calor entre a superfície da nossa pele e a atmosfera circunstante. A temperatura da pele resulta da função do metabolismo, do vestuário e da temperatura no local.

A **temperatura do ar** afeta a perda de calor que parte do corpo humano por convecção e por evaporação. A **humidade relativa** corresponde à proporção de água que o ar contém, perante a temperatura e pressão presentes, e o volume máximo de humidade que poderia conter. Existindo um grau de evaporação superior ou inferior, este interfere com a nossa perda de calor. Exceto em situações extremas, a influência da humidade relativa sobre a sensação de conforto térmico torna-se diminuta. A **temperatura média radiante** é a temperatura média à superfície dos elementos que envolvem um espaço. Influencia tanto o calor perdido através da radiação do corpo como a perda de calor por condução, quando o corpo está em contacto com superfícies mais frias.

A velocidade do ar não baixa a temperatura, causa porém a sensação de arrefecimento devido à perda de calor por convecção e devido ao aumento da evaporação. Um dos objetivos finais da conceção de edifícios bioclimáticos é a obtenção natural das condições de conforto dos seus utilizadores, que variam em função do clima, do edifício em termos construtivos e também do tipo de utilização.

É também importante realçar que à noção de conforto térmico estão associados fatores psicológicos que variam de pessoa para pessoa e podem conduzir a diferentes sensações de conforto térmico, dadas as mesmas condições de ambiente térmico.

A temperatura constitui um dos fatores que mais influencia o nível de conforto ambiental, estando associado por esse motivo aos principais consumos energéticos registados na utilização de edifícios.

1.10-Renovação de ar

Na Arquitetura Bioclimática a ventilação além dos benefícios de refrigeração, no Verão, que proporciona às habitações, é também importante para promover uma boa qualidade do ar no interior dos edifícios.

Segundo o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Dec-Lei 80/06 de 4 de Abril), a taxa de renovação de ar é o caudal horário de entrada de ar novo num edifício ou fração autónoma para renovação do ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou da fração autónoma.

O valor de referência para a renovação do ar, para garantia da qualidade do ar interior, é de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adotadas para o edifício, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento (RCCTE).

Os processos envolvidos na ventilação são executados para a diluição dos poluentes. Contudo, outros processos envolvidos na ventilação são igualmente importantes. Por exemplo, edifícios com altas taxas de renovação de ar podem ter problemas devido a uma distribuição desigual ou irregular de ar nos diversos ambientes, ou também pela existência de uma exaustão ineficiente ou insuficiente.

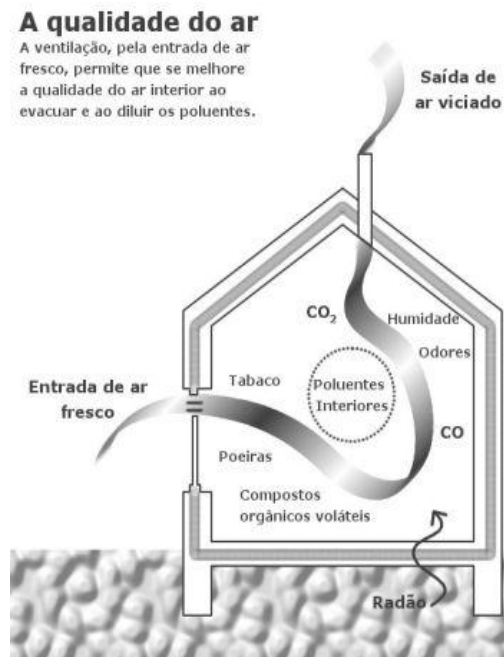


Figura 1.20- Esquema ilustrativo da importância da renovação de ar.

No contexto climático português, a ventilação natural é extremamente importante para garantir a otimização do conforto no interior dos edifícios; utiliza-se um recurso renovável, a temperatura no exterior, e a renovação do ar a uma taxa adequada, fundamental para manter no edifício o ar interior com boa qualidade.

No entanto, há algumas regras que são de fácil entendimento e aplicação:

- O ar mais quente é mais leve do que o ar mais frio. As atividades humanas e os aparelhos domésticos produzem calor, sendo normal o efeito ascendente do ar mais quente, dentro de casa;
- O ar usado e que transporta poluentes está, normalmente, mais quente e sobe;
- Pelo impulso natural de se equilibrar e de se estabilizar, o ar movimenta-se sempre do local onde é mais pesado (mais fresco) para o local onde é mais leve (mais quente);
- Quando o ar que foi aquecido pelas atividades humanas no interior de uma habitação atinge uma superfície mais fria (como acontece no Inverno no caso de áreas envidraçadas), ele arrefece e, tornando-se mais pesado, cria uma corrente e ar descendente junto dessa superfície (efeito de transmissão de calor por convecção);
- Sempre que o ar se encontra numa zona à sombra, arrefece, porque os materiais que estão em seu redor irradiam menos calor;
- Sempre que o ar está em contacto com água em movimento tende a baixar a sua temperatura. O efeito evaporativo da passagem do estado líquido para o estado gasoso aumenta a quantidade de vapor de água presente na atmosfera envolvente, retirando energia do ar e, por consequência, baixando a sua temperatura;
- Em espaços que têm um pé-direito baixo, o ar estratifica-se consoante a sua temperatura, podendo manter zonas de ar usado estagnado;
- Em espaços mais altos, idealmente com duplo pé-direito, o ar cria circuitos de convecção natural e dilui os poluentes que transporta através do movimento com que atravessa os espaços abertos;
- A pressão do vento sobre a fachada exposta e sobre a fachada oposta gera uma ventilação natural dos espaços, atravessando frinchas, janelas e portas. Quando a habitação dispõe de fachadas com orientações solares opostas ou apenas diferentes, é muito importante dotar as janelas, em cada uma das orientações solares, com um sistema de abertura que permita ventilar com segurança, mesmo quando as pessoas não se encontram em casa;
- Idealmente, em cada espaço da casa deve existir, pelo menos, uma janela oscilobatente porque permite uma ventilação mais eficaz;
- Os puxadores das janelas devem ser equipados com uma fechadura;
- Idealmente, em cada espaço da casa deve existir uma grelha de ventilação integrada num dos vãos envidraçados, para garantir as renovações de ar necessárias;
- Em zonas em que existam insetos, deverão integrar-se redes mosquiteiras nos vãos.

Capítulo II – Técnicas de construção bioclimática

II.1-Seleção do melhor local

Deve-se começar por estudar as características climáticas do local onde se pretende implantar a habitação, seguindo esse estudo por uma análise de quais as localizações específicas que se adaptam a uma utilização eficaz em termos de fatores de conforto humano. De seguida devem ser considerados fatores técnicos associados a diversas vertentes, como orientação, cálculos de sombreamento, formato da habitação, movimentos do ar e avaliação das temperaturas internas.

Finalmente, deve ser realizado um desenho arquitetónico que aproveite os resultados das fases anteriores de forma a contribuir com o plano de uma habitação bioclimática.

✚ Seleção do local:

- Locais pouco expostos ao vento, em particular aos ventos no Inverno;
- Locais com proteção natural contra o vento, como encostas ou conjuntos de árvores;
- Terrenos não sombreados por outros edifícios;
- Ruas com pouco trânsito automóvel;
- Locais com acesso a transportes públicos;
- Perto do local de trabalho, podendo assim poupar no uso do automóvel;
- Perto de comércio local;

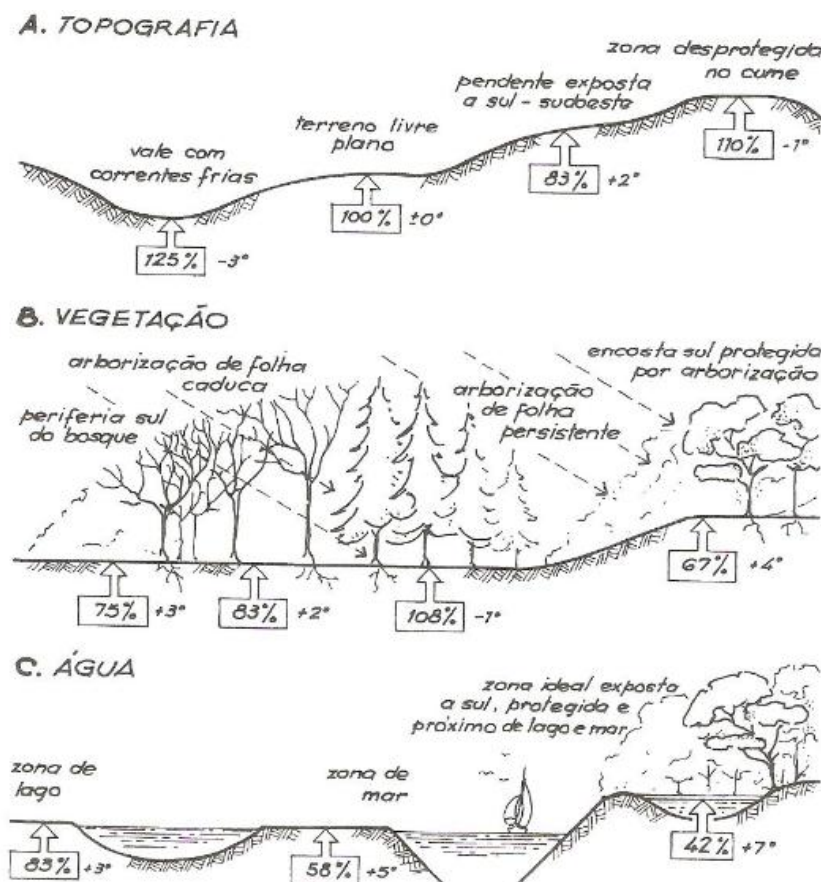


Figura 2.1- Quantidade de calor (%) que um edifício perde em diferentes locais. Fonte: Moita, 2011).

A figura representa a quantidade de calor Q (em percentagem) que um edifício perde, em diversos posicionamentos, sob a influência exercida pelos fatores A, B e C. As variações das temperaturas médias do ar, em graus Celcius nos períodos frios, revelam as diferentes situações microclimáticas de um local.

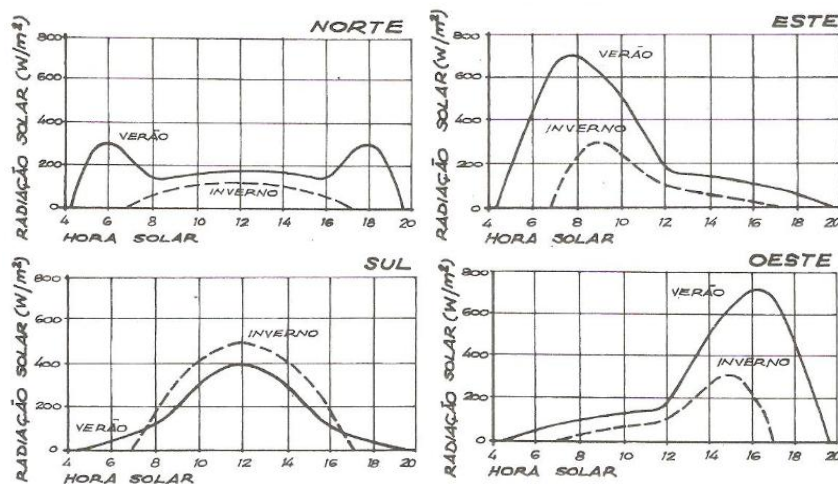
✚ Integração no local:

- Utilizar pavimentação exterior que possibilite a fácil infiltração e drenagem da água;
- Manter os espaços verdes para permitir a evapotranspiração do solo;
- Evitar o uso de pavimentos betuminosos;
- Escolher plantas e árvores que se integrem no local.

II.2-Forma e orientação do edifício.

Quanto à orientação do edifício, o mais importante a ter em conta é a exposição solar. Normalmente é importante ter um edifício com a maior fachada voltada a Sul para receber o máximo de energia possível, tendo no entanto sombreamentos programados para o Verão.

No planeamento e conceção de um edifício dever-se-á otimizar o aproveitamento da luz solar no interior do mesmo. Para que o aproveitamento dos raios solares seja concretizado terá que ser privilegiada a orientação Sul.



Gráficos 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4- Variação da radiação global em janelas de diferentes orientações nas diversas horas.
Fonte: (Moita, 2011).

Esta orientação permite maiores ganhos solares ao longo de todo o ano aumentando o conforto no interior do edifício e contribuindo para a redução das necessidades energéticas.

A orientação a Sul permite diferenciar entre Verão e Inverno, podendo-se controlar a entrada do sol para os espaços interiores através das áreas envidraçadas. No Verão para

evitar a radiação excessiva deverão introduzir-se sistemas de sombreamento exterior, havendo também necessidade de controlar os ganhos solares excessivos dos alçados orientados a Poente.

Sempre que possível, dever-se-ão conceber os espaços de maior permanência a Sul, Nascente e Poente.

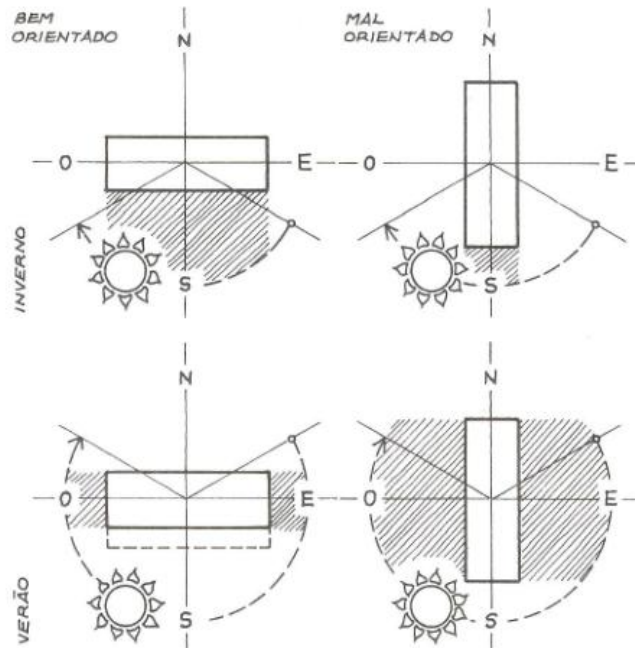


Figura 2.2- Orientação do edifício. (Gomes, 2010).

Adjacente à fachada norte, que, em princípio, deve ser cega ou conter o mínimo de envidraçados possíveis, devem ser orientados os anexos secundários, tais como garagens, armazéns, etc., por forma a se conseguir uma maior proteção térmica. No caso de o terreno ser em declive e o permitir, deve-se ainda proteger a fachada norte por meio de um talude ou aterro.

Existem ainda outras particularidades interessantes, tal como a orientação das diferentes divisões de uma casa de forma a proporcionar o ambiente mais adequada à sua função. Por exemplo, a biblioteca deve estar orientada com uma forte componente Norte, visto ser um local em que habitualmente se pretende uma atmosfera fresca e seca, enquanto que a cozinha deve estar orientada com uma forte componente Sul, visto ser esse um local onde uma temperatura elevada é mais habitual (Lanham, Gama & Braz, 2004).

A forma do edifício é importante pois influencia a superfície de contacto edifício/exterior estando naturalmente relacionada com as perdas e ganhos de calor. Assim, quanto mais compacto for o edifício, melhor.

Também influenciada pela forma do edifício é a exposição ao vento. Uma casa alta é sempre mais exposta que uma casa baixa. No Verão, a exposição ao vento é benéfica porque aumenta a ventilação, mas é prejudicial no Inverno. Conhecendo a predominância dos ventos no Verão e Inverno é possível chegar a um compromisso.

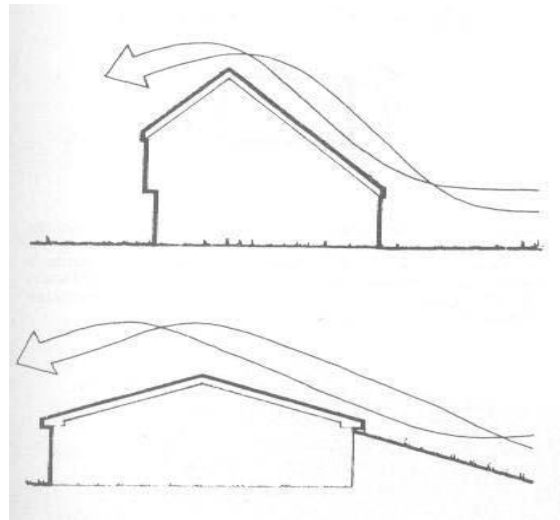


Figura 2.3- Influência do vento consoante a altura da habitação. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004)

A forma e orientação do edifício devem ter em consideração os efeitos aerodinâmicos provocados pelos ventos dominantes quando estes são fortes e constantes. Deve ter sido em conta o afastamento entre os edifícios, bem como a forma destes, de forma a evitar “turbilhoes” provocados pelos ventos.

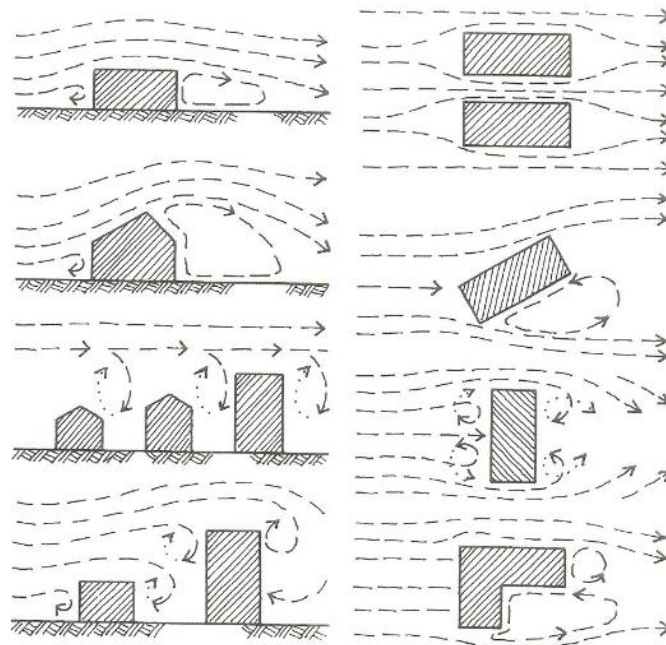


Figura 2.4- Influência do vento consoante a forma do edifício. Fonte: (Moita, 2011)

Contudo a proximidade e a diferença de alturas dos edifícios pode ser prejudicial. Há que manter uma distância mínima de modo a evitar que um edifício proporcione sombreamento indesejável noutro, no caso de a fachada ser voltada a sul. Para que no inverno se possam assegurar os ganhos solares indispensáveis ao contributo para

melhores condições térmicas e de bem-estar (saúde e conforto), é necessário garantir que a fachada exposta a sul tenha direito ao sol na sua totalidade.

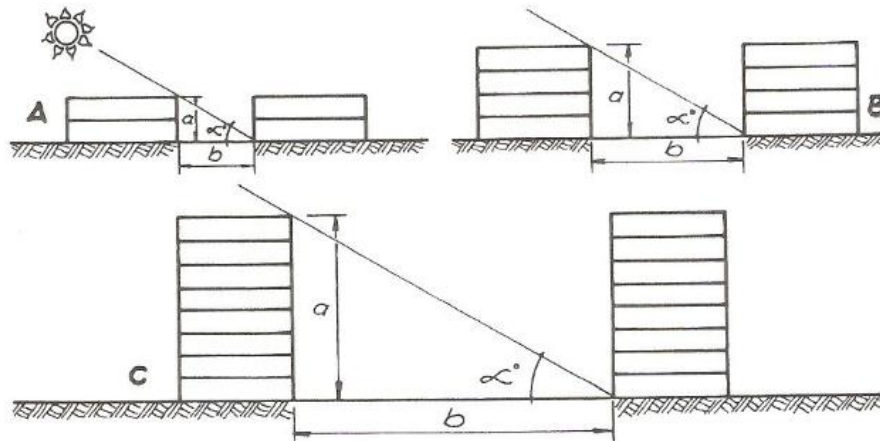


Figura 2.5- Distância entre edifícios em função do ângulo de incidência solar. Fonte: (Moita, 2011).

II.3- Isolamento térmico

Porque o edifício perde calor pela envolvente, por transmissão através da condução térmica, da convecção e radiação e por ventilação e infiltração, a eficácia dos sistemas bioclimáticos deve ser complementada com o recurso à utilização de materiais isolantes térmicos, de forma a minimizar as trocas térmicas.

O isolante térmico, por definição material de condutibilidade térmica inferior a $0,0650\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ (Carlos, 2005), tem como função principal o aumento da resistência térmica da envolvente do edifício, de forma a reduzir as trocas de calor entre o edifício e o exterior, reduzindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como o risco de condensações.

As pontes térmicas são pontos localizados na envolvente do edifício onde há maior perda de calor em relação às restantes áreas dos elementos da envolvente. Este fenómeno aumenta o consumo de energia para aquecimento e pode causar danos na envolvente do edifício, reduzindo a sua durabilidade. Estas zonas que, por não estarem isoladas termicamente, têm uma resistência térmica inferior à da restante envolvente, representam uma descontinuidade onde se poderá verificar a ocorrência de patologias com origem em fenómenos de condensação.

O isolamento térmico só é completamente eficiente se cobrir totalmente a superfície a ser isolada. As descontinuidades do isolamento devem ser evitadas, pois são pontos preferenciais de transferência de calor entre o ambiente interior e o exterior.

O isolamento permite, ainda, menores espessuras da parede como podemos ver na figura seguinte.

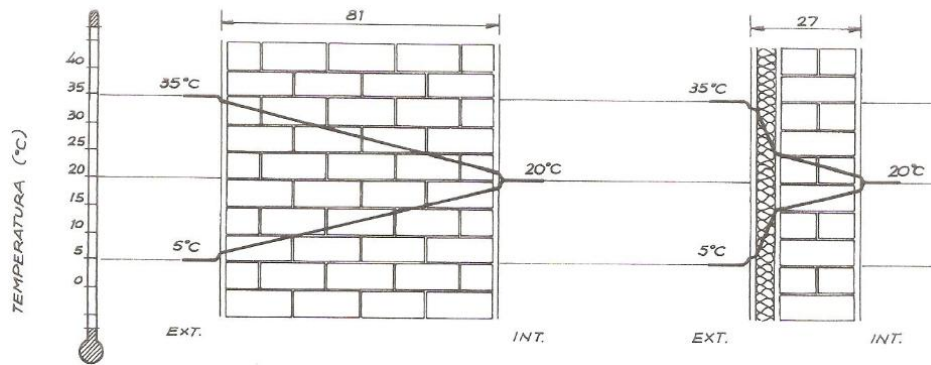


Figura 2.6- Espessura da parede com e sem isolamento. Fonte. (Moita, 2001).

No entanto a espessura do isolamento também tem grande influência nas perdas para o exterior. Contudo, quanto maior a espessura do isolamento mais caro este será, portanto é preciso chegar a um compromisso entre a espessura e o preço, tendo em conta a finalidade.

Importa realçar que o maior problema prende-se com o facto de a espessura elevada do isolamento reduzir significativamente o volume habitável.

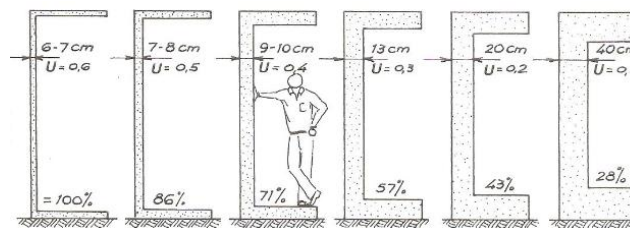


Figura 2.7- Perdas para o exterior (%) em função da espessura. Fonte. (Moita, 2001).

O isolamento térmico para responder plenamente às suas funções, deve satisfazer determinadas exigências relativas às seguintes propriedades (Carlos, 2005):

1. *Resistência à humidade:* deve ser impermeável ou, para esse efeito, levar um tratamento prévio; caso contrário, a sua condutibilidade térmica aumentará substancialmente.
2. *Resistência ao fogo:* devem ser considerados os diversos graus de combustibilidade segundo as probabilidades de perigo de incêndio.
3. *Resistência mecânica:* nos casos em que esteja sujeito a cargas importantes (isolamentos de pavimento, etc.), deve apresentar adequada resistência à compressão.

4. *Resistência à temperatura*: deve ser fisicamente indeformável sob o efeito das temperaturas a que vai estar sujeito
5. *Resistência aos fatores biológicos*: segundo os casos de aplicação (por exemplo, isolamento da estrutura no terreno), deve resistir à ação destruidora dos fungos, roedores e outros agentes biológicos.

Os sistemas de isolamento térmico, aplicados de forma contínua e pelo exterior dos edifícios, contribuem para a otimização do desempenho energético dos edifícios, sendo extremamente fáceis de fiscalizar.

O isolamento térmico tanto pode ser aplicado pelo interior das paredes da envolvente de um edifício, como colocado na caixa-de-ar entre paredes duplas, como ainda ser assente pelo exterior de um edifício. Tem utilidade em qualquer destas aplicações, mas é sobretudo numa, aquela pelo exterior do edifício, que o isolamento térmico tem a maior eficácia.

Um sistema de isolamento térmico com características técnicas e espessura adequadas, aplicado de forma contínua e pelo exterior dos edifícios (pavimento térreo, paredes envolventes e coberturas), contribui mais para a otimização do desempenho energético de um edifício, do que qualquer outro sistema equiparável.

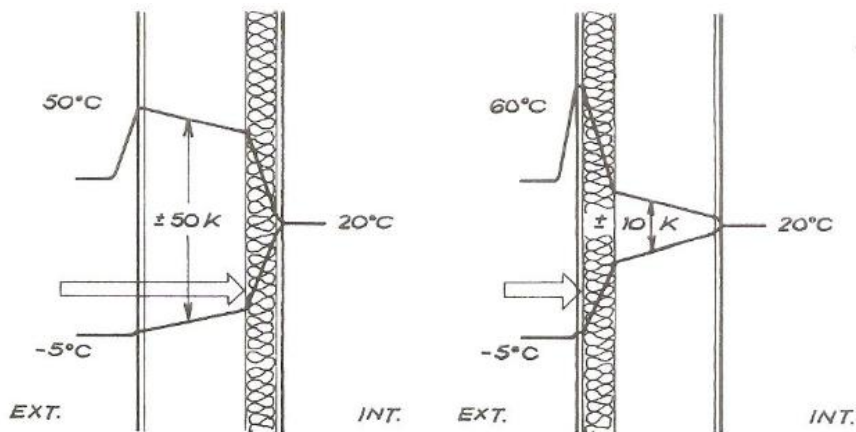


Figura 2.8- Comparação entre isolamento interior e exterior. Fonte. (Moita, 2001).

O isolamento térmico, aplicado de modo contínuo e pelo exterior, apresenta as seguintes vantagens:

- Produzem-se menores amplitudes térmicas na parede, com menor deterioração do material e uma maior massa de acumulação térmica interior;
- É conseguida a eliminação de todas as pontes térmicas, que causam o aparecimento de condensações e, conseqüentemente, de fungos em paredes interiores (ou em compartimentos fechados), devendo, tanto o projeto como a execução, garantir a continuidade efetiva do isolamento térmico;

- É improvável uma má execução, ou seja, “esquecer” a colocação de placas, como tão frequentemente acontece quando o isolamento térmico se encontra escondido entre dois panos de tijolo (parede dupla), uma vez que todo o isolamento térmico aplicado pelo exterior permanece visível durante a sua aplicação em obra, facilitando a sua fiscalização; as envolventes são protegidas dos contrastes e extremos de temperatura e das intempéries. Esta proteção garante uma maior longevidade e a integridade física dos materiais fundamentais, porque, desta forma, não sofrem nem a fendilhação nem as microfissuras típicas em toda a construção tradicional. Evita-se, assim, que estas microfissuras absorvam água por ação capilar, água que deteriora os materiais.
- O isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, faz com que a inércia térmica (dos materiais pesados utilizados na construção) funcione a favor do clima interior, contribuindo para que as temperaturas no edifício se mantenham estáveis e dentro das amplitudes térmicas médias do clima mediterrânico.
- Estes sistemas de isolamento térmico pelo exterior podem ser igualmente aplicados na reabilitação de edifícios que não possuam nenhum ou insuficiente isolamento térmico. Sendo o sistema aplicado pelo exterior, é apenas necessário garantir que o mesmo adira permanentemente à superfície exterior existente e cuidar dos pormenores construtivos em volta de vãos, nas cimalhas e beirados.



Figura 2.9- Isolamento exterior. Fonte: <http://isolamentos.net/opcoes-de-isolamento-termico-exterior-para-casas-existentis/>

As caixas de estore podem também ser uma importante fonte de perdas de calor e entrada de ar não controlada. Para eliminar este problema deve-se desmontar a tampa da caixa e colocar entre ela e a cavidade que fica a descoberto, um material de isolamento térmico destinado a reduzir a insuficiente resistência térmica da placa que serve de tampa com uma espessura de isolante que não interfira com o funcionamento do estore (Gomes, 2010).

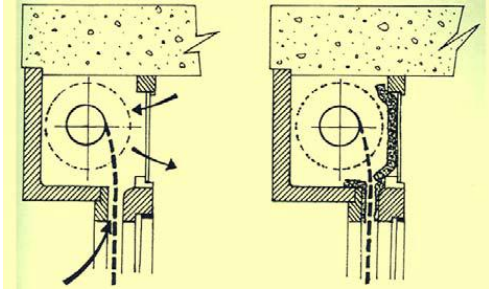


Figura 2.10- Esquema do isolamento nas caixas de estore.
Fonte: (Gomes, 2010).



Figura 2.11- Isolamento nas caixas de estore.
Fonte: (Gomes, 2010)

II.4- Iluminação

A boa iluminação de um edifício, sobretudo com luz natural, é essencial ao seu bom funcionamento energético e ao conforto dos seus ocupantes. Aproximadamente 25% do consumo energético de edifícios é utilizado no sistema de iluminação. Deste modo, o arquiteto deve sempre ter em consideração o arranjo das aberturas e distribuição das superfícies internas para garantir uma distribuição de luz adequada. O objetivo é portanto maximizar a área do edifício e pessoas com acesso à iluminação natural, dando prioridade a locais onde se desempenhem tarefas com maior exigência visual. Áreas de ocupação secundária ou pouco prolongada devem ser então remetidas para as zonas mais interiores do edifício (Neves, 2011).



Figura 2.12- Iluminação natural. Fonte: (Neves, 2011).

Nos edifícios, as condições de iluminação natural e insolação constituem importantes fatores que condicionam tanto a qualidade do ambiente interior como a própria eficiência energética da habitação, podendo ser utilizada para a iluminação dos espaços, através da radiação solar que penetra através dos vãos envidraçados. Esta penetração de radiação solar origina um efeito de sobreaquecimento no Verão, ou causa um efeito de aquecimento favorável no Inverno.

Além da parte térmica que está intimamente ligada à radiação solar e aos vãos envidraçados, a iluminação natural é também um fator relevante para o conforto visual e

o bem-estar dos utilizadores, bem como os consumos energéticos devido à necessidade de iluminação interior.

Portugal dispõe de boas condições geográficas e climáticas que motivam o aproveitamento da luz natural nos edifícios, no entanto existem alguns fatores que podem prejudicar esse aproveitamento, como por exemplo:

- Obstrução à luz natural por parte de edifícios fronteiros;
- Orientações desfavoráveis dos vãos envidraçados devido a constrangimentos urbanísticos e de loteamento;
- Dispositivos de proteção solar não compatíveis com os requisitos de iluminação natural e com a necessidade de oclusão noturna;
- Inadequação das características dos vãos envidraçados (dimensão e forma, localização, dispositivos de sombreamento ineficazes, entre outros);
- Compartimentos, com aberturas para o exterior, demasiado profundos;
- Compartimentos interiores sem comunicação visual e luminosa com os compartimentos com aberturas para o exterior.

Nos edifícios de habitação, sobretudo nos espaços urbanos consolidados (em particular nos bairros antigos), os fatores que prejudicam a iluminação natural são os elevados ângulos de obstrução que limitam significativamente a quantidade de captação de luz, devido ao excessivo valor da relação entre a altura dos edifícios e a largura dos arruamentos.

A dimensão, a forma e o tipo de superfícies envidraçadas é, numa grande maioria dos casos, a principal causa da insuficiente iluminação natural dos edifícios. Os vãos envidraçados em muitas habitações, são pequenos para uma adequada iluminação natural dos espaços interiores, principalmente quando os compartimentos são muito profundos e apenas dispõem de vãos numa parede. Em relação à forma dos vãos envidraçados nas habitações mais antigas, um dos problemas é a elevada percentagem de superfície opaca dos vãos devido a uma subdivisão do pano envidraçado em elementos menores. A maioria dos problemas referidos, devem-se essencialmente à falta de planeamento urbanístico nas décadas anteriores, à falta de legislação, e à falta de qualidade dos projetos de arquitetura.

O recurso à iluminação natural reduz a necessidade de utilização de iluminação artificial, resultando daí não só reduções económicas mas também ambientais.

Uma iluminação natural eficaz compreende a adoção, essencialmente, das seguintes práticas [Aguiar, Pinho & Paiva, 2006):

- Atender à localização do edifício, à forma e orientação aquando da localização dos vãos e restantes entradas de luz natural;
- Adequar a relação entre altura da janela e o pé direito do compartimento, assim como a altura desta e a distância a parede oposta;
- Dispor aberturas de forma a garantir uma distribuição de luz uniforme e adequada;
- Utilizar superfícies interiores com graus de reflexão mais elevados o que permite maiores valores de iluminação nas zonas mais afastadas da entrada de luz;

- Evitar a projeção de luz solar direta em certos elementos como, por exemplo computadores e secretarias;
- Integrar a luz natural com os outros sistemas do edifício, tais como a ventilação natural, sistemas solares passivos e sistemas de iluminação elétricos;
- Promover a entrada de luz pela cobertura direta não só através de lanternins e claraboias como também de tubos solares;
- Tirar partido da forma do teto, pois estes quando côncavos contribuem para a concentração da luz focando a numa direção e quando convexos permitem a difusão da luz espalhando-a por todo o compartimento;
- Colocar superfícies horizontais acima do nível de visão humano com o objetivo de refletir a luz em direção ao teto e desta forma propagá-la de forma mais eficiente pelo compartimento.

A iluminação artificial deveria ser considerada apenas um complemento à iluminação natural, no entanto, devido à insuficiente iluminação natural que parte das habitações portuguesas usufruem e pela ineficiência energética dos equipamentos de iluminação adotados pelos utilizadores e, em certos casos, pelos projetistas dos edifícios de habitação, os consumos energéticos continuam a aumentar em Portugal.

As lâmpadas incandescentes são o tipo de lâmpadas mais utilizado na iluminação artificial interior. Este tipo de lâmpadas é o mais barato, contudo é o menos eficiente e o que possui menor duração. Os consumidores continuam a dar maior importância ao custo inicial de aquisição das lâmpadas do que à sua eficiência energética, visto ainda não existir uma sensibilização de tal modo suficiente, que permita os utilizadores concluir que o investimento inicial em lâmpadas economizadoras será compensado durante a sua vida útil e que os consumos energéticos e respetiva fatura também serão inferiores.

É necessário apostar na melhoria das condições de iluminação natural e adotar soluções para iluminação artificial mais eficientes.

II.5-Vidro e caixilharias

5.1-Vidros Duplos

As áreas envidraçadas são os elementos de maior interação entre o clima interior e o clima exterior pelo que é necessário dosear os fluxos energéticos adequadamente.

São também um dos elementos construtivos que, durante as últimas décadas, mais beneficiou de um desenvolvimento essencial marcante. Este desenvolvimento tecnológico tornou o vidro (duplo) mais sofisticado e deu-lhe qualidades que contribuem para otimizar o desempenho energético-ambiental dos edifícios, ao ponto de existirem sistemas envidraçados que atingem um grau de desempenho energético similar ao de uma parede maciça vulgar (Construção sustentável, 2012).

É muito importante que os materiais pensados no interior da habitação tenham capacidade para absorver uma grande parte do calor que penetra através dos vãos

envidraçados, motivo pelo qual o fator solar quantifica o calor da radiação solar que atravessa para o interior dos vidros e deve ser definido consoante a inércia térmica disponível.

Existe um conjunto de qualidades novas que resultam do desenvolvimento tecnológico do vidro que é extremamente importante ter em consideração no momento de selecionar criteriosamente o vidro para um dado projeto.

A especificação do vidro varia, consoante os contextos específicos em que se pretende aplicar o painel de vidro duplo, dado este representar, cada vez mais, o papel de um filtro que transmite, tanto para o interior como para o exterior, apenas uma parte controlável da radiação. Sobretudo nos projetos ou reabilitações em que se pretende aumentar a luminosidade nas divisões e, conseqüentemente aumentar as áreas envidraçadas, é importante considerar os seguintes aspetos técnicos:

- O coeficiente global de transferência de calor do vão envidraçado (designado por fator U) depende de três fatores fundamentais: As características técnicas dos próprios vidros duplos, a qualidade da caixilharia e o grau de proteção oferecido pelo sistema de sombreamento exterior. Este conjunto de fatores deve conseguir reduzir as perdas térmicas do interior para o exterior, para que sejam criadas condições de conforto no interior e junto do mesmo, e deve controlar os ganhos de calor do exterior para o interior;
- O fator solar do vidro resulta da soma do fluxo transmitido e do fluxo irradiado pelos raios solares que incidem sobre o vão, e deve ser o adequado para o contexto específico em que o vidro é aplicado;
- O coeficiente de transmissão luminosa do vidro deve ser o adequado para as atividades que se exercem no interior;
- A relação entre a transmissão luminosa e o fator solar é muito relevante sendo designada por índice de seletividade e calculada, dividindo a transmissão luminosa pelo fator solar;
- As propriedades de segurança e de resistência mecânica do painel de vidro duplo, em que pelo menos um dos vidros deve resistir ao impacto mecânico do vento e precaver a intrusão ou mesmo a quebra;
- O grau de resistência à sujidade do vidro exterior, que contribui para reduzir a manutenção, bem como a utilização de químicos a empregar na sua limpeza.

Orientações solares diferentes num mesmo edifício remetem para a utilização de um vidro com outras características técnicas.

Para facilitar a manutenção e limpeza, é importante que todas as janelas proporcionem o acesso a ambas as faces e que se especifique um vidro que tenha elevada resistência à sujidade.

No projeto já está contemplada a implementação desta medida, pelo que se vem realçar a sua importância e a necessidade de escolher vidros com um valor U adequado.

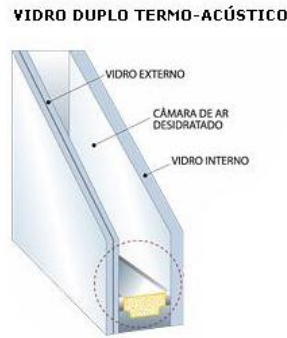


Figura 2.13- Esquema do vidro duplo. Fonte: <http://isolamentos.net>

5.2-Caixilharias

A caixilharia é o elemento de transição entre as áreas opacas e as áreas envidraçadas e tem como principal função garantir a estanquicidade e a operacionalidade dos vãos, contribuindo para a otimização do desempenho energético-ambiental do edifício.

Como tal, e apesar de representar uma proporção relativamente pequena na envolvente, as funções da caixilharia são extremamente importantes para o edifício.

A caixilharia suporta os painéis de vidro duplo que constituem as áreas envidraçadas, tanto na sua posição fechada como nas suas diversas posições abertas, garante a estanquicidade dos espaços interiores, absorve os movimentos díspares (por exemplo, a força do vento) com os seus elementos rígidos distintos e contribui assim para a otimização do desempenho do edifício.

✚ Características a ter em consideração na especificação da caixilharia:

- O grau de estanquicidade da caixilharia que obriga a garantir renovações de ar por outra via;
- O material que constitui o caixilho deve ser tão reciclável quanto possível, devendo ser privilegiados os acabamentos mais fáceis de reciclar, como é o caso do alumínio anodizado, face ao lacado.

Existem vários tipos de caixilharia, de seguida iremos comparar as mais comuns.

5.2.1-Caixilharia em PVC

O PVC é um poli (cloreto) de vinil modificado obtido do sal comum e do petróleo, altamente resistente ao impacto, que se destina principalmente a aplicações exteriores.

A resistência do PVC a ações químicas e biológicas (maresia, sol, fungos, corrosão), bem com à propagação de chamas em caso de incêndio, confere-lhe propriedades muito interessantes, especialmente associadas ao equilíbrio ambiental, pois é considerado um produto ecológico totalmente reciclável, não tóxico, sendo portanto inofensivo para o ambiente.

As caixilharias em PVC possuem excelente coeficiente de isolamento térmico possibilitando grande economia de energia, e associado ao vidro duplo proporcionam

alta resistência aos ventos, chuva, calor, poluição, correntes de ar, ruídos e ao roubo. Para além destas vantagens, a configuração dos perfis também permite diferentes acabamentos para o exterior e interior (Solutions, 2011).



Figura 2.14- Caixilharia em PVC. Fonte: <http://www.hotfrog.pt/Empresas/LOTUSOL-Building>

✚ Vantagens:

- Excelente coeficiente de isolamento térmico e acústico;
- Excelente coeficiente de ganhos térmicos e financeiros;
- Elevada durabilidade;
- Excelente resistência á intempérie e ao envelhecimento;
- Não propagam as chamas em caso de incêndio;
- Não tóxico;
- Reduzido custo de manutenção;
- Produto ecológico. Totalmente reciclável.

5.1.2-Caixilharia de alumínio

As caixilharias em alumínio são as mais utilizadas, pois apesar de serem as que apresentam um preço mais acessível, são também as que tem varias soluções possíveis quando comparadas com a madeira, podendo ser simples ou compostas.

O alumínio é um material que conduz e transmite o frio do exterior para o interior, e desta forma ocasiona um arrefecimento da temperatura ambiente existente dentro dos edifícios. Para controlar as perdas térmicas de energia, o perfil de qualquer caixilharia de alumínio pode incluir o chamado corte térmico. Nestes casos, utiliza-se um material sintético para intercalar o dito perfil de modo a evitar as tais perdas térmicas.

A caixilharia de alumínio simples pode ser realizada com alumínio anodizado ou lacado. A caixilharia de alumínio composta ostenta alumínio no exterior, que pode ser anodizado ou lacado, e ostenta madeira na zona interior, que pode ser com um tom natural ou lacada (Universidade do Minho, 2011).



Figura 2.15- Caixilharia de alumínio simples.
Fonte: <http://isolamentos.net>



Figura 2.16- Caixilharia de alumínio composta.
Fonte: <http://isolamentos.net>

✚ Vantagens:

- Ótimos ganhos energéticos e financeiros;
- Redução das condensações interiores;
- Elevada durabilidade;
- Custos de manutenção reduzidos.

5.1.3-Caixilharia de madeira

Muito se fala sobre o problema da manutenção da pintura das esquadrias de madeira. Na verdade, esta é uma das únicas desvantagens que a esquadria de madeira apresenta, mesmo assim, praticamente limitada aos edifícios.

Os vernizes incolores disponíveis não apresentam grande durabilidade, obrigando os usuários a periódicas repinturas. No entanto, esta desvantagem reduz-se muito, quando ao invés de aplicar vernizes incolores, se opta por pinturas com cores, como atualmente tem acontecido.

Mas as vantagens das esquadrias de madeira são muito grandes [16]:

- Melhor isolamento termo-acústico.

Com emprego de vidros duplos e da madeira maciça na confecção dos caixilhos, aliada a uma boa vedação com perfis de borracha, obtém-se uma esquadria com isolamento termo-acústico superior as demais.

- Maior facilidade de manutenção.

Quando por acidente, ou por ato danoso (por exemplo: arrombamento) uma esquadria de madeira é danificada, seu conserto pode ser feito por qualquer marceneiro experiente,

bastando apenas possuir pedaços de madeira, cola, lixa, ferramentas manuais e boa vontade.

- Possibilidade de instalação de grades metálicas.

As esquadrias de madeira podem ser fabricadas prevendo espaço próprio para instalação de grades metálicas (fixas ou pantográficas). Com isso se mantém a harmonia do projeto, evitando as futuras improvisações.

- Possibilidade de instalação de telas mosquiteiras.

Da mesma forma que as grades, as telas podem ser previstas no projeto, evitando a tão indesejável improvisação.

- Esquadria estruturada.

Devido ao emprego de perfis maciços, a esquadria de madeira é estruturada, podendo ser instalada com ou sem vidros.

- Manutenção da pintura.

Em caso de arranhões ou outros eventos que danifiquem a pintura, a repintura é fácil.



Figura 2.17- Caixilharia de madeira. Fonte: <http://isolamentos.net>

II.6-Coberturas Ajardinadas

As coberturas ajardinadas contribuem para a qualificação paisagística dos edifícios, cujos ecossistemas funcionam a favor do conforto climático e da absorção da poluição atmosférica. Desde tempos recuados, há jardins flutuantes para enriquecer o cenário urbano, contribuir para a consolidação de comunidades e para aumentar o conforto e bem-estar dos habitantes.

O conceito de tratamento paisagístico dos espaços exteriores permanece marcadamente relacionado com as especificidades locais e com o controlo das variáveis de conforto climático, através do coberto vegetal nas coberturas edificadas (radiação solar recebida, sombras projetadas, regime de ventos, regime de chuvas).

A plantação de espécies vegetais em áreas de cobertura resulta na criação de ecossistemas que albergam muitos dos organismos que encontramos na natureza e que são benéficos para a absorção da poluição atmosférica na cidade, causada pelas atividades humanas.

As áreas ajardinadas em coberturas tornam-se espaços de atenuação climática do próprio edificado e contribuem para reduzir o impacto dos extremos menos confortáveis do clima exterior. Uma área com densa vegetação junto a um espaço de estar semiexterior protege do sol e do vento e melhora as condições de conforto. Moldar, de uma forma criativa, o conforto em espaços exteriores. Quando dispomos de áreas que libertam humidade (como o fazem as superfícies de água, as áreas com vegetação densa...), a frescura resultante pode contribuir para o arrefecimento passivo e aumentar, deste modo, o conforto ambiental no interior das habitações adjacentes, bem como reduzir o efeito de ilha de calor na cidade. Áreas de cobertura ajardinada são, certamente, um elemento de valorização do edifício também sob a perspetiva da sua mera presença no meio edificado, porque enriquecem o cenário urbano.

É de extrema importância que a impermeabilização, o isolamento térmico, a terra e as espécies especificados para as coberturas ajardinadas sejam adequados a este contexto e uso específico. O sistema de impermeabilização, por exemplo, deve resistir à perfuração por raízes das espécies escolhidas e apresentar garantias de funcionamento para um prazo de 10 ou mais anos.

Um telhado verde é uma alternativa viável e sustentável perante os telhados e lajes tradicionais, porque facilita a gestão de grandes cargas de águas pluviais, melhora térmica, serviços ambientais e novas áreas de lazer. O telhado verde proporciona também um ambiente muito mais fresco do que outros telhados, mantendo o edifício protegido de temperaturas extremas, especialmente no verão, reduzindo em até 3°C. Em ambientes extremamente artificiais como o urbano, promovem o reequilíbrio ambiental, trazendo os benefícios da vegetação para a saúde pública e a biodiversidade, quando com plantas nativas do local (Figueiredo, 2012).



Figura 2.18- telhado verde da City Hall de Chicago, Illinois. Fonte: <http://cambaratur.blogspot.pt/2012/03/garanta-sua-inscricao-no-curso-telhado.html>

Melhora as condições termo-acústicas da edificação, tanto no inverno como no verão. Estudos de bioclimatismo indicam que, com o uso de coberturas vivas, seja possível

melhorar em 30% as condições térmicas no interior da edificação, sem recorrer a sistemas de climatização ou ar-condicionado artificiais.



Figura 2.19- Casas com telhado verde. Fonte: <http://cambaratur.blogspot.pt/2012/03/garanta-sua-inscricao-no-curso-telhado.html>

O telhado verde também mantém a humidade relativa do ar constante no entorno da edificação, forma um microclima e purifica a atmosfera no entorno da edificação, formando um micro ecossistema. Contribui no combate ao efeito estufa, aumentando a remoção de carbono da atmosfera e ao mesmo tempo traz mais harmonia, bem-estar e beleza para os moradores e/ou ocupantes da edificação. É também um excelente atrativo para pontos comerciais, tornando-os mais visíveis, mesmo quando distantes de locais estratégicos.

As plantas e a terra do telhado verde funcionam como um filtro natural da água, que pode ser armazenada ainda mais limpa, para depois ser usada na irrigação do jardim, nas descargas sanitárias, nas lavagens do carro entre outros (Figueiredo, 2012).



Figura 2.20- Cobertura ajardinada. Fonte: <http://cambaratur.blogspot.pt/2012/03/garanta-sua-inscricao-no-curso-telhado.html>

Por não ser um produto “pronto” para uso, a instalação de um Telhado Verde requer mão-de-obra especializada e infraestrutura adequada, para que o cliente não sofra as consequências de uma implantação inadequada, na forma de derrames e infiltrações, perda de plantas e terra pela erosão ocasionada pela chuva, entre outros problemas.

✚ O Telhado Verde contempla:

- Preparo da cobertura (laje ou outros) para receber a cobertura viva;
- Aplicação do sistema de impermeabilização;
- Aplicação do isolamento;
- Aplicação de sistema de drenagem;
- Aplicação da camada filtrante;
- Determinação das espécies vegetais mais adequadas a cada situação.

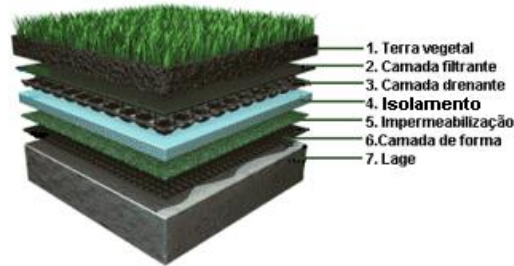


Figura 2.21- Corte de uma cobertura ajardinada. (Vasco, 2008).

✚ Manutenção (Vasco, 2008):

- Após implantação, pode ser feita por qualquer pessoa;
- Não requer podas;
- As plantas selecionadas são resistentes à falta de água, dispensando a irrigação intensiva;
- As plantas escolhidas não ocasionam grande peso sobre a cobertura;
- Não requer adubação contínua;
- Não requer mão-de-obra especializada;
- Sistema de irrigação dimensionado de acordo com a necessidade e ecossistema onde o Telhado Verde será implantado.

II.7-Aproveitamento das águas pluviais

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais têm como objetivo conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável. Estes sistemas, captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direcionando-a para reservatórios de armazenamento para posterior utilização.

De um modo generalizado, a captação da água da chuva é efetuada no telhado das habitações. A qualidade da água recolhida depende dos materiais utilizados na construção do telhado e dos resíduos que nele se depositam.

A água da chuva (juntamente com sedimentos, folhas e detritos) é recolhida nas caleiras onde são colocadas malhas de plástico ou metal para uma primeira filtragem. Em seguida é canalizada através dos tubos de queda, passando por um outro sistema de

filtragem que lhe retira os restantes sedimentos e impurezas antes de ser recolhida no reservatório de armazenamento.

O reservatório para o armazenamento da água da chuva é o componente mais caro deste sistema de recolha. Para maximizar o retorno financeiro do investimento o dimensionamento do reservatório deve ser efetuado cuidadosamente tendo sempre em conta a capacidade, o material e a localização.



Figura 2.22- Reservatório enterrado. Fonte: http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007-1/pluviais/Topico4.htm

No reservatório ocorre uma última limpeza e filtragem da água recolhida antes de esta estar pronta para ser utilizada para fins não potáveis (sistemas de rega, águas sanitárias, etc.).

Os sistemas SAAP (sistemas de aproveitamento de águas pluviais) são constituídos pelas seguintes componentes básicas (Sacadura, 2011):

- Superfície de captação: o inclui a superfície sobre a qual a chuva cai, isto é, a superfície de recolha, normalmente o telhado da habitação;
- Sistema de transporte: é constituído pelas componentes que encaminham a água do telhado para o tanque, nomeadamente os algerozes ou as caleiras e os tubos de queda;
- Dispositivos de filtração: têm como função a remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada antes desta ir para o tanque (como exemplos podem referir-se os crivos de folhas, os desviadores das primeiras precipitações e os dispositivos de filtração);
- Dispositivos de armazenamento: englobam um ou mais tanques de armazenamento que podem também ser denominados de cisternas;
- Rede de distribuição: é o sistema de transporte da água pluvial para o seu uso final através de bombagem ou gravidade;
- Tratamento: apesar de particularmente relevante no caso dos sistemas potáveis para os usos não potáveis, esta etapa inclui normalmente apenas a remoção de partículas.

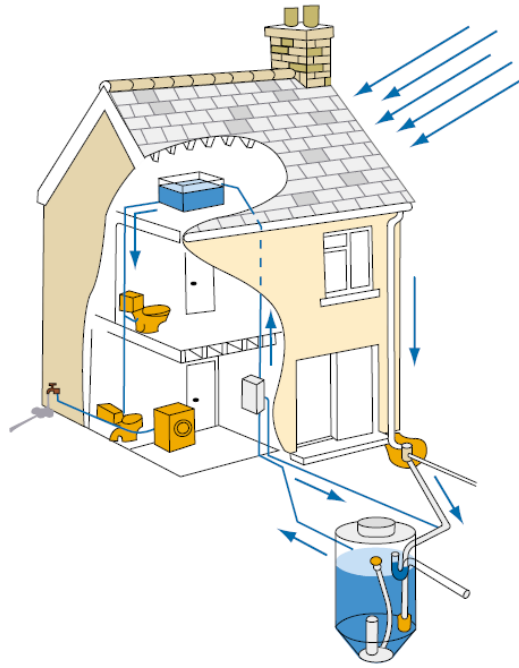


Figura 2.23- Sistema de aproveitamento de águas pluviais. (Batista, 2008).

Os equipamentos que constituem os SAAP podem ser projetados, desenvolvidos e montados de raiz paralelamente à construção do edifício, podendo também ser instalados em habitações ou edifícios já construídos, havendo diversas soluções técnicas para a sua instalação (Sacadura, 2001).

Cada projeto tem as suas exigências. Apesar do sistema base ser idêntico, as componentes variam consoante vários requisitos essenciais. Varia-se segundo a zona pluviométrica, o espaço disponível, o tipo de dispositivos existentes (diferentes eficiências de autoclismos, máquinas de lavar roupa), consumo de água não potável, fatores económicos, tipo de utilização do próprio sistema (pode ser para apenas rega de exterior ou lavagem de veículos, para fins não potáveis domésticos ou até para consumo).

✚ Vantagens do aproveitamento das águas pluviais:

- Contribuir para a conservação da água;
- Reduzir a dependência que existe das reservas de água subterrânea que quando sobre exploradas esgotam;
- Reduzir o consumo de água da rede pública e o custo associado;
- Reduzir os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água;
- Evitar a utilização de água potável em usos compatíveis com qualidade inferior, como por exemplo, na lavagem de pavimentos, rega de hortas e jardins, *etc.*;
- Contribuir para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial.

✚ Usos compatíveis com o aproveitamento de água pluvial:

- Descarga de autoclismos;
- Lavagem de pavimentos e de veículos motorizados;
- Rega de jardins;
- Lavagem de roupas.

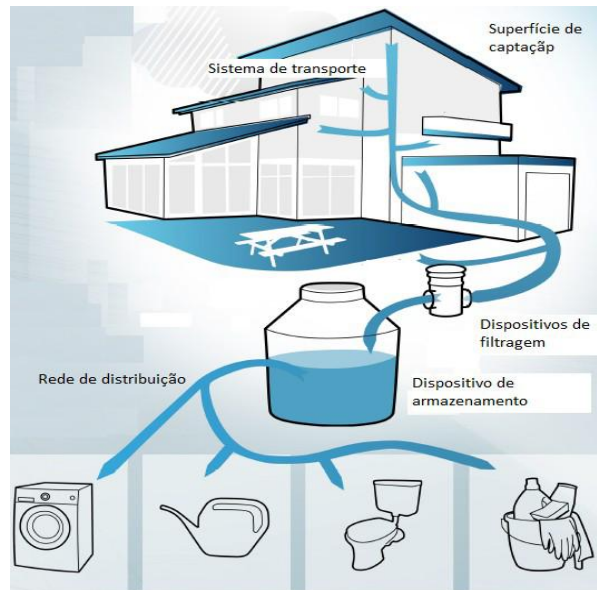


Figura 2.24- Aproveitamento das águas pluviais. Fonte: (Sacadura, 2008)

✚ Segundo Sacadura (2008), em instalações de maiores dimensões, como as industriais ou comerciais, podem considerar-se outros usos compatíveis, nomeadamente:

- Arrefecimento de telhados, equipamentos e máquinas;
- Sistemas AVAC;
- Serviços de limpeza;
- Descarga de autoclismos;
- Combate a incêndios;
- Rega de espaços verdes;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de roupas, por exemplo em hotéis e lavandarias;
- Reposição de água evaporada de piscinas em hotéis.

II.8- Soluções para aquecimento no inverno

No Inverno, devido à diferença entre a temperatura no interior de um edifício e a temperatura exterior, existem perdas de energia, neste caso de calor, que para manter o conforto térmico necessitam ser compensadas. Num edifício moderno comum, o mais frequente é utilizarem-se sistemas de aquecimento para compensar estas perdas.

Ora a Arquitetura Bioclimática propõe precisamente soluções que maximizam os ganhos solares de um edifício para que estes sejam os necessários, ou quase, para compensar as perdas, não havendo então necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento artificiais.

Os sistemas de captação de energia solar podem ser definidos por dois parâmetros: eficiência (energia retida vs. energia incidente) e atraso (tempo entre o armazenamento da energia e a sua libertação).

Quando se fala em Sistemas Passivos, referimo-nos a certos dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objetivo é o de contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento natural. No caso do aquecimento (estação fria), estes sistemas pretendem maximizar a captação do sol no Inverno, através de vãos envidraçados bem orientados e dimensionados, aos quais se podem associar elementos massivos, que permitirão o armazenamento da energia solar e sua utilização em horas posteriores.

Estes dispositivos são geralmente denominados de Sistemas de Aquecimento Passivo e são classificados da seguinte forma (Gonçalves & Graça, 2004):

- ✚ Ganho Direto;
- ✚ Ganho Indireto ou desfasado;
- ✚ Ganho Isolado.

8.1-Ganho Direto

O mais simples tipo de sistema solar passivo é o ganho direto. Por essa razão é o sistema mais utilizado, ainda que na maior parte das vezes de uma forma empírica e não intencional.

A energia solar recebida por qualquer superfície pode chegar de três modos distintos: ou por radiação direta, a forma de radiação mais intensa, ou por radiação difusa, sendo no fundo a radiação que foi difundida em todas as direções pelas moléculas de ar e por partículas que compõem a atmosfera, ou ainda por radiação refletida por outras superfícies. Num dia de céu limpo, a percentagem de radiação que chega ao solo é cerca de 50% da emitida pelo Sol, sendo a percentagem de radiação difusa baixa. No entanto, num dia com nuvens, a radiação difusa pode variar entre 10 a 100% da radiação que chega ao solo (Costa, 2008).

O ganho solar direto é a forma mais simples de se conseguir aproveitar de forma passiva a energia solar. Pode consistir somente numa habitação com janelas orientadas a Sul conseguindo, no Inverno, um ganho solar considerável, e no Verão, em virtude da posição mais elevada do Sol, na sua trajetória, e eventualmente até de um sombreamento sobre a janela, impedir o sobreaquecimento da habitação.

Numa habitação, desde que cada compartimento útil disponha de um envidraçado, pode funcionar como um sistema de ganho direto. As pré-condições para um funcionamento eficiente são (Mendonça, 2005):

- A correta orientação da janela, preferencialmente a Sul, para evitar que as perdas superem os ganhos no Inverno;
- A área transparente da janela em harmonia com a capacidade de armazenamento térmico;
- O uso de dispositivos de sombreamento, como forma de prevenir o sobreaquecimento no Verão;
- A redução das perdas de calor, com a aplicação de isolamento térmico eficiente dos elementos opacos, isolamento noturno móvel e posicionamento de zonas tampão.

As características básicas dos edifícios que utilizam o ganho direto são: uma área de captação a Sul, com os espaços a aquecer diretamente expostos à radiação solar e os paramentos interiores (paredes, lajes de teto e piso) utilizados como armazenamento de calor. A redistribuição do calor armazenado realiza-se por radiação (em comprimento de onda infravermelha) e convecção natural, regulada principalmente pela posição da massa térmica relativamente aos espaços habitáveis. As perdas de calor para o exterior reduzem-se através da utilização de vidros duplos de baixa emissividade e/ou isolando os vidros durante a noite ou em dias encobertos com sistemas de oclusão de boa capacidade de isolamento, sendo os mais comuns na construção portuguesa os estores de PVC exteriores e as portadas de madeira interiores ou exteriores (Costa, 2008).



Figura 2.25- Ganho solar direto. Fonte: (Gomes,2010)

✚ Vantagens dos ganhos Solares Diretos (Mendonça, 2005):

- O sistema de ganho direto é o de maior rendimento energético pois a energia utilizada por metro quadrado é máxima;
- É um dos sistemas construtivamente mais baratos já que os materiais e sistemas construtivos utilizados podem ser os comuns, mesmo sem necessidade de recorrer a massa térmica adicional (já que esta está uniformemente distribuída no interior);
- A superfície vidrada de captação produz iluminação dos espaços interiores e permite a visibilidade para o exterior. (se for utilizado vidro ou material translúcido);

- O princípio de funcionamento do sistema é simples, exceto na determinação da oscilação de temperatura dentro do edifício;
- O sistema permite grande flexibilidade na concepção arquitetônica. Apenas é necessário ter algum bom senso, bastando seguir as recomendações do RCCTE em termos de massa térmica, orientação e área de envidraçados, dispositivos de sombreamento e coeficientes U recomendados.

✚ Desvantagens dos ganhos Solares Diretos:

- A radiação direta pode provocar assimetrias na temperatura radiante, provocando desconforto durante as horas de maior incidência do Sol (precisamente no Inverno quando os ganhos são necessários, especialmente nas fachadas orientadas a Sul);
- Pelas razões referidas anteriormente, corre-se o risco de que o sistema, ainda que esteja bem dimensionado, não se torne realmente efetivo quando a habitação está ocupada nos períodos de Inverno, já que a tendência dos seus ocupantes será de fechar os sistemas de oclusão e assim impedir os ganhos;
- A radiação solar direta pode provocar degradação e descoloração dos materiais localizados no interior;
- As grandes superfícies de envidraçado podem provocar falta de privacidade e iluminação excessiva;
- Necessidade de orientação solar favorável (Sul) para os envidraçados do sistema;
- Deve prever-se a quantidade de massa de armazenamento térmico do edifício para evitar sobreaquecimento que provoque desconforto.

8.2-Ganho Indireto

Nos sistemas de ganho indireto, a massa térmica dos sistemas é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente, sendo posteriormente transferida para o espaço. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação (ou não) do ar que for adotada.

Nestes sistemas, verifica-se um desfasamento da onda de calor transmitida para o espaço e o ciclo da radiação solar. Os espaços onde estes sistemas se encontram podem tirar partido do desfasamento e receber a energia absorvida durante o dia no final da tarde e início da noite, dependendo muito de cada edifícios e da sua utilização. A gestão da transferência de energia é feita pelo próprio utilizador, usando para o efeito sistemas simples de ventilação, que consistem em duas aberturas entre o espaço e a zona quente. De seguida referem-se alguns tipos destes sistemas.

8.2.1-Paredes Trombe

As paredes trombe são uma forma de ganho solar indireto. As paredes trombe podem funcionar com um sistema combinado de radiação e convecção com a aplicação de aberturas nas suas partes inferior e superior. A opção de colocar ou não orifícios de termocirculação numa parede trombe depende essencialmente dos períodos durante os quais se necessita o calor. Se se necessita deste prioritariamente durante o dia, então as aberturas são fundamentais.



Figura 2.26- Parede Trombe.
Fonte: (Gonçalves & Graça,2004)

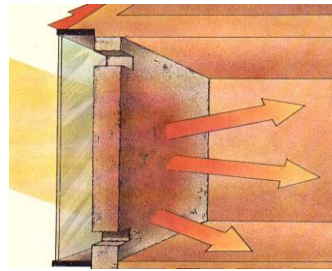


Figura 2.27- Funcionamento da Parede Trombe.
Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004).

8.2.1.1-Parede Trombe não ventilada

As Paredes Trombe não ventiladas funcionam como radiadores gratuitos no Inverno. Têm a capacidade de acumular o calor durante o dia e transmitir de noite o calor acumulado para o interior dos espaços.

Considera-se uma parede de trombe não ventilada, toda aquela que tem o armazenamento térmico sem aberturas de termocirculação. Em geral o seu rendimento é menor que o de uma parede Trombe ventilada porque ainda que a temperatura do ar entre o vidro e a parede de armazenamento seja muito superior, a distribuição do calor para o interior é menos uniforme. (temos uma parede com uma transmissão de calor radiante muito elevada e as restantes superfícies frias) (Costa, 2008).

Para que a transmissão de calor radiante seja perfeita, a face exterior da parede deverá ser de cor escura e geralmente orientada a Sul, sendo tapada com um vidro ou outro material transparente ou translúcido afastado entre 5 e 20cm, para evitar a perda da radiação térmica que vai sendo ganha pela exposição solar durante o dia e potenciar o efeito de estufa. Devido às altas temperaturas, desenvolve-se um fluxo de calor por condução através da parede, até ao interior e, ao mesmo tempo, as perdas do interior vão sendo reduzidas. A parede é geralmente composta por materiais densos como a pedra, o betão, a terra compactada, o tijolo ou outro material com boa capacidade de armazenamento térmico, devendo ser no caso da habitação, calculada de modo a que o calor por ela acumulado durante o dia seja libertado durante a noite.

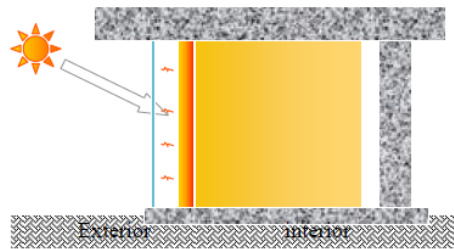


Figura 2.28- Funcionamento da Parede Trombe não ventilada durante o dia. Fonte: (Costa, 2008).

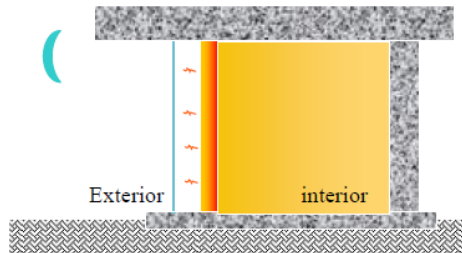


Figura 2.29- Funcionamento da Parede Trombe não ventilada durante a noite. Fonte: (Costa, 2008).

Nos sistemas a massa térmica é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente sendo, posteriormente, transferida para o espaço. Verifica-se um desfasamento da onda de calor transmitida para o espaço e o ciclo da radiação solar. Os espaços onde estes sistemas se encontram integrados apresentam temperaturas mais elevadas no final da tarde e início da noite.

As paredes poderão apresentar a superfície exterior pintada a negro e entre elas e o exterior interpõem-se, de preferência, um vidro duplo. A seleção do material, para o armazenamento térmico, deverá ser feita em função da capacidade térmica e da emissividade, a fim de se obter o desfasamento pretendido da onda de calor. Estes sistemas poderão ainda incluir aberturas na parte superior e na parte inferior da parede e permitir que o ar circule, por convecção, entre o espaço compreendido entre o vidro e a parede e o espaço a aquecer. A eficiência deste sistema é limitado mas pode ser melhorada com o percurso dos novos isolamentos térmicos transparentes (Costa, 2008).

8.2.1.2-Parede Trombe ventilada

As paredes de Trombe ventiladas, são sistemas compostos por um vão devidamente orientado, onde se coloca interiormente uma parede maciça de espessura variável entre os 10 e os 30 cm de espessura. A superfície exterior da parede é geralmente pintada de cor escura, aumentando assim a captação da radiação solar incidente. Cria-se assim um sistema, no qual predomina o efeito de estufa, atingindo-se temperaturas muito elevadas (30-60°C) no espaço entre o vidro e a parede de armazenamento. Esta energia incidente pode ser transferida de imediato para o interior do espaço a aquecer por intermédio da ventilação natural através dos orifícios existentes na parede. Se tal for a utilização pretendida, o espaço será aquecido por uma corrente de convecção natural entre o espaço interior e o espaço “estufa”. No entanto, desta forma, a maior parte da energia

incidente é transferida e utilizada diretamente, reduzindo a energia acumulada na parede. É este o funcionamento da denominada Parede de Trombe, sendo que variações têm sido introduzidas pelos arquitetos neste modo de funcionamento, tais como os materiais utilizados, na sua localização e dimensão.

O funcionamento correto do sistema é muito importante. Se forem abertos os orifícios de ventilação durante as noites de Inverno, o calor do compartimento irá ser transportado pelo ar através do espaço em vazio e irá condensar-se nos envidraçados e na superfície da parede. A abertura inferior permite a entrada do ar frio que, ao aquecer na caixa-de-ar existente entre o vidro e a parede, diminui de densidade e sobe até sair pela abertura superior da parede, aquecendo assim o espaço interior através de um sistema de circulação do ar interior. A convecção de ar na parede Trombe permite o aquecimento durante o dia e o calor transmitido por radiação pela parede deverá fornecer o aquecimento durante a noite. A eficiência do sistema pode ser melhorada com o uso de dispositivos de isolamento noturnos. O funcionamento faz-se de acordo com a seguinte sequência (Costa, 2008):

- ✚ Inverno, dia: os orifícios de ventilação apenas deverão ser abertos, quando a temperatura no espaço de ar exceda a temperatura do compartimento e seja necessário o aquecimento.

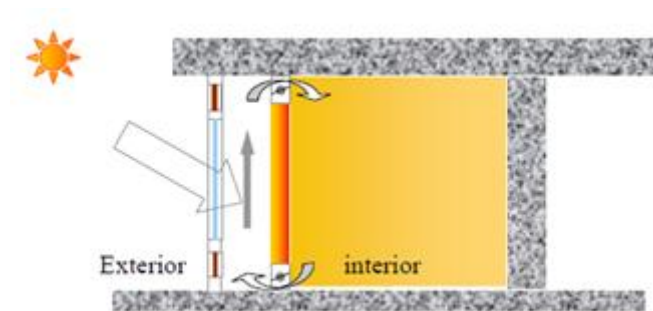


Figura 2.30- Funcionamento da Parede Trombe ventilada num dia de inverno. Fonte: (Costa, 2008).

- ✚ Inverno, noite: para reduzir as perdas de calor, o eventual dispositivo de oclusão noturno deverá estar fechado, bem como os orifícios de ventilação.

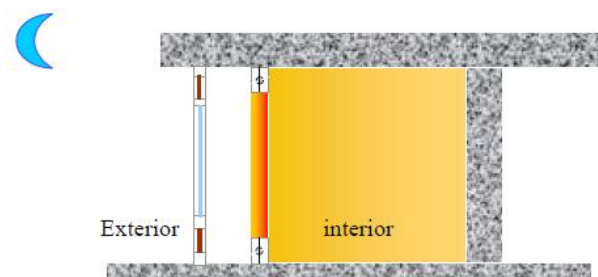


Figura 2.31- Funcionamento da Parede Trombe ventilada numa noite de inverno. Fonte: (Costa, 2008).

- ✚ Verão, dia: os orifícios de ventilação devem estar fechados e deverá ser previsto o sombreamento do sistema ou persianas no exterior;

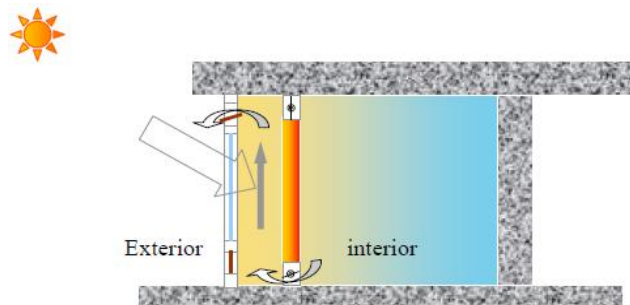


Figura 2.32- Funcionamento da Parede Trombe ventilada num dia de verão. Fonte: (Costa, 2008).

- Verão, noite: para facilitar o arrefecimento da parede, devem ser abertos os orifícios de ventilação exteriores.

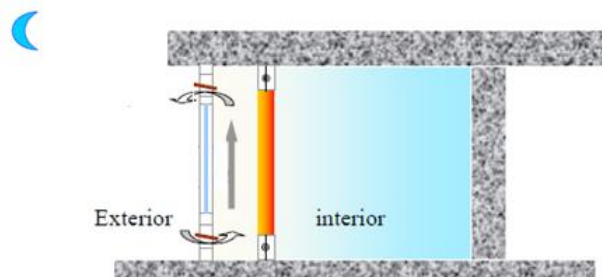


Figura 2.33- Funcionamento da Parede Trombe ventilada numa noite de verão. Fonte: (Costa, 2008).

Como refere Costa (2008), no sistema de parede de trombe, no verão, para que o efeito de Estufa, durante a noite, não seja sentido, as aberturas exteriores devem ser abertas; durante o dia a abertura superior interna e a inferior externa devem manter-se fechadas para que o calor não aqueça a parede (ganhos por convecção). O caudal de ar quente regula-se por persianas móveis situadas nas aberturas de termocirculação. Os orifícios devem dispor de redes mosquiteiras para prevenir a entrada de insetos, bem como dispor de uma válvula (geralmente uma lâmina de polietileno) nas aberturas superiores para evitar que a parede de trombe inverta o sentido de circulação do fluxo de ar durante a noite, arrefecendo assim, o espaço interior. Tal como na parede não ventilada, o rendimento da parede de trombe pode ser incrementado, consideravelmente, isolando o vidro exterior durante a noite. Durante o verão, a parede trombe pode ser aproveitada como bomba de ar quente, favorecendo a ventilação do edifício, fechando a abertura superior na parede e abrindo uma abertura superior no vidro exterior. O ar quente do interior do edifício é absorvido pela baixa pressão criada na caixa-de-ar e são praticadas aberturas na parede Norte para entrada de ar mais frio.

Todos os sistemas deverão incluir dispositivos móveis de sombreamento de forma a desativá-los e assim permitirem controlar as temperaturas interiores, evitando-se condições de sobreaquecimento.

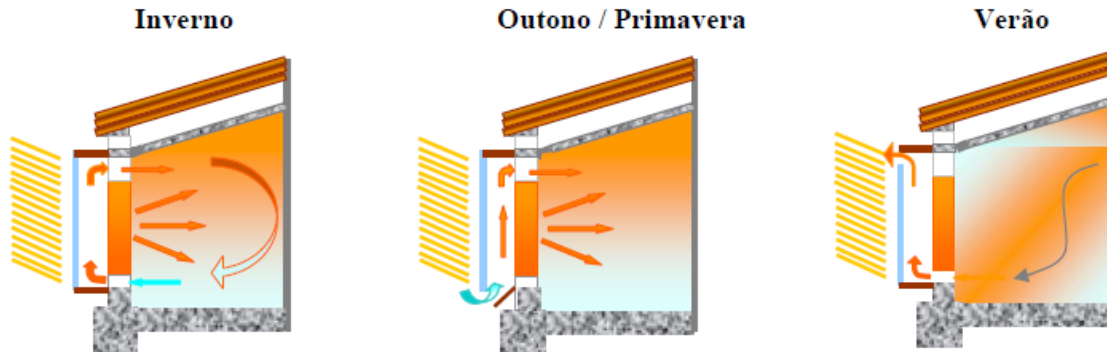


Figura 2.34- Funcionamento da Parede Trombe nas diferentes estações do ano. Fonte: (Costa, 2008).

8.2.2-Paredes e Colunas de Água

Este sistema é basicamente o mesmo que uma parede trombe, sendo que o material de armazenamento, em vez de um material construtivo normal tipo betão ou argamassa, é água.

Para isso deverá ser contida em recipientes estanques de cor escura ou seletiva para absorver o máximo de radiação solar.



Figura 2.35- Casa com paredes de água.

A sua capacidade de armazenamento de calor é dez vezes mais elevada do que as paredes de alvenaria de tijolo furado e cinco vezes superior, por exemplo, à do betão, devido ao seu elevado calor específico. Para armazenar a mesma quantidade de energia é necessário apenas 1/5 da massa de água relativamente ao betão. Devido ao elevado calor específico e condutibilidade da água incrementada pelos fluxos convectivos, existe uma diferença fundamental entre o funcionamento de uma parede de água e de uma parede de trombe. Na parede trombe existe um grande desfasamento temporal entre a

absorção da energia e a sua absorção pelo ambiente. No caso da parede de água, não isolada, a transferência de calor é muito rápida, o que requer um controlo adicional da distribuição de calor no interior do espaço a aquecer. Este controlo pode fazer-se isolando a armazenagem de calor durante o dia e retirando este isolamento à noite. Este efeito também se pode conseguir pelas características dos contentores utilizados, nomeadamente a sua espessura e dimensões. Assim, os pequenos depósitos têm, para um volume de água total igual, uma superfície de troca com o ambiente maior que os grandes depósitos e portanto uma libertação de calor mais rápida. Por todos estes factos não existe uma espessura ótima para uma parede de água, já que não se pode concluir que a uma maior espessura, corresponda um melhor rendimento. No entanto, a partir dos 15cm de espessura, o incremento da eficácia não é significativo comparado com o sobrecusto e a perda de espaço habitável que implica (Mendonça, 2005)

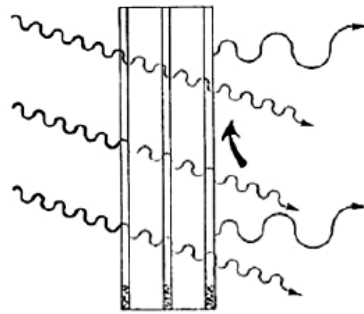


Figura 2.36- Esquema de funcionamento da parede de água. Fonte: (Mendonça, 2005).

Mendonça (2005) considera que para prevenir que a água gele e se desenvolvam fungos, deverá ser acrescentada à água propilo-glicol, bem como óleos especiais para evitar a corrosão dos recipientes (quando metálicos). Por outro lado, para permitir a dilatação da água ao aquecer, os recipientes não deverão ser totalmente cheios, para que 10% do seu volume total fique vazio. Existem já algumas soluções translúcidas, utilizando tubos transparentes de poliéster que, uma vez cheios de água têm uma refração à luz do sol de cerca de 20%.

Os sistemas de paredes de água apresentam o inconveniente do possível perigo de derrame da água depositada e também do ruído ocasionado pela água ao dilatar sobre as paredes dos depósitos.



Figura 2.37- Parede de água.

8.2.3-Coberturas de água

Neste sistema coloca-se sobre a laje da cobertura uma massa de água exposta à radiação solar, para absorver e armazenar calor. A água é usualmente contida em recipientes, sobre os quais se coloca uma cobertura plástica com o fim de limitar as perdas por convecção para o exterior. A parte interior da cobertura é usualmente de chapa metálica, com um tratamento anti-humidade, para favorecer a transmissão de calor para o interior, por radiação. Como a distribuição de calor desde a cobertura não é ideal, (já que a estratificação do ar limita o conforto) o pé-direito deverá ser o menor possível, pois a intensidade da radiação decresce rapidamente com a distância [23].

O sistema de cobertura de água dispõe usualmente de um isolamento móvel, necessário para reduzir no inverno as perdas de calor não desejadas durante a noite e evitar, no verão, os ganhos solares excessivos durante o dia.

Nos dias de céu limpo de Inverno a água absorve a energia solar, cedendo uma parte ao ambiente interior e armazenando o resto.

Durante a noite, a cobertura de água com isolamento móvel irradia calor armazenado durante o dia. Durante os dias quentes de verão, o isolamento móvel é utilizado para impedir que a radiação solar aqueça a água. Nestas condições a água está mais fria que o ambiente interior e produz-se uma refrigeração deste por transferência de calor para a massa de água. Durante a noite o isolamento móvel é retirado e a água refrigera-se ao irradiar o calor armazenado para o exterior [23].

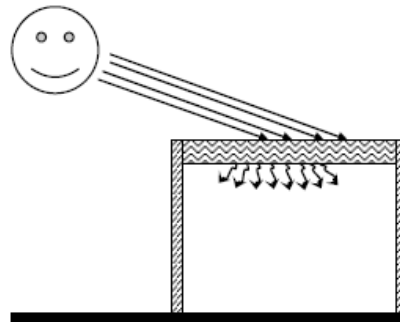


Figura 2.38- Funcionamento da cobertura de água. Fonte: (Mendonça, 2005).

8.2.4-Ganho pelo pavimento

Este sistema, é composto por um elemento acumulador, usualmente um depósito de pedras ou água, colocado por baixo do pavimento do compartimento a climatizar. Na fachada sul coloca-se um sistema de captação solar, com um vidro exterior proporcionando efeito de estufa. A energia solar passa desde a superfície de captação até ao interior do depósito por convecção natural do ar ou da água. A transmissão de energia para o ambiente interior, no caso mais direto, faz-se desde o solo, por condução e radiação de onda longa, produzindo-se um certo atraso e amortecimento da oscilação da temperatura.

Também se pode melhorar o rendimento e o controlo do sistema, mediante um circuito de convecção forçada, fazendo passar o ar do interior pelo depósito de pedras, onde este aquece e assim se cede ao ambiente a energia térmica, mediante aberturas reguláveis.

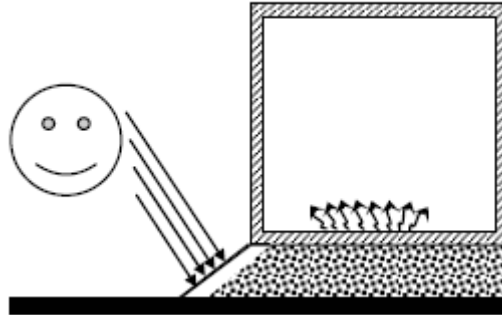


Figura 2.39- Aquecimento pelo pavimento. Fonte: (Mendonça, 2005).

✚ Vantagens dos ganhos Solares Indiretos (Mendonça, 2005):

- Os sistemas de ganho indireto proporcionam calor durante o dia, por convecção de ar quente, e também durante a noite, normalmente quando é mais necessário, por radiação da energia armazenada na massa térmica;
- Permitem um controlo mais rigoroso sobre a quantidade de calor cedida ao ambiente interior do que no caso do ganho direto, pelo que a oscilação da temperatura interior é normalmente menor;
- Podem atuar como aquecedores no inverno e refrigeradores no verão;
- Evitam os problemas da degradação dos objetos expostos diretamente à radiação solar;
- No caso das coberturas de água, existe a vantagem adicional que, devido à grande superfície de radiação de calor, os efeitos de aquecimento e refrigeração são mais uniformes que no caso das paredes. Também a orientação solar neste caso não é vinculativa (exceto se houver obstáculos exteriores que produzam sombra), pelo que a organização do espaço interior do edifício é mais flexível.

✚ Desvantagens dos ganhos Solares indiretos:

- As paredes de armazenamento térmico com ganho indireto obrigam à orientação Sul;
- As perdas térmicas noturnas destes sistemas costumam ser elevadas. O isolamento em alguns casos (nomeadamente em paredes de água) torna-se complexo e de difícil instalação e manutenção;
- As paredes de armazenamento ocupam espaço habitável e incrementam muito significativamente o peso do edifício;

- As paredes de armazenamento impedem as vistas para o exterior pelo que obrigam à abertura de envidraçados maiores ou orientados a outras direções (por exemplo Norte);
- No caso das coberturas de água o sistema obriga a um pé direito baixo e climatizar com este sistema apenas o piso adjacente à cobertura. A estrutura de suporte da cobertura é mais cara, pois terá de ser sobredimensionada para suportar o peso adicional da água.

8.3-Ganho Isolado

8.3.1-Estufa

No sistema de efeito de estufa, a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício. Os espaços estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho direto e indireto. A energia solar é transmitida ao espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitam a circulação de ar (Gonçalves & Graça, 2004).

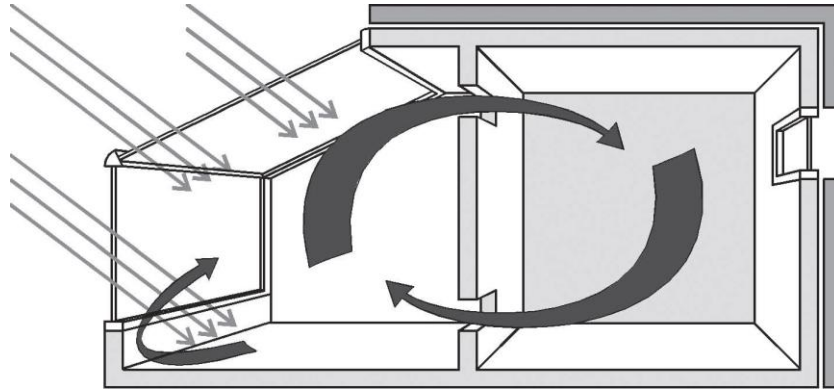


Figura 2.40- Funcionamento de uma estufa. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

O primeiro requisito para a introdução de uma estufa numa habitação é dispor de um espaço orientado a Sul. As superfícies vidradas a Este/Oeste e a cobertura deverão ser reduzidas ao mínimo, ou serem opacas, já que proporcionam pouco calor no inverno e produzem problemas de sobreaquecimento no verão e nas estações intermédias.

Quando a área de envidraçado da estufa é pequena em comparação com a área útil do edifício, não se torna necessária massa térmica, sendo o ar quente introduzido na habitação através de aberturas ou por ventilação forçada. Quando a proporção da superfície de vidro captador em relação à área útil da habitação for de 1/6 ou mais, deverá ser incluída massa térmica para reduzir as flutuações de temperatura na estufa. Uma parede de separação habitação/estufa de 20 a 30cm de material pesado, um

pavimento de estufa de 10 a 15cm de betão ou bidões de água poderão ser utilizados para este fim

Um outro aspeto é o isolamento da estufa durante a noite. Deverá ser isolada tanto a superfície vidrada (com um estore que proporcione algum isolamento térmico noturno) como as paredes e vãos de separação entre a estufa e a habitação.

Vários aspetos são importantes na conceção de estufas, dos quais se destacam (Mendonça, 2005):

- A orientação, da qual depende, em grande medida, a eficácia da captação de energia solar por parte da estufa. A orientação a Sul é sempre a ótima para a estufa, já que neste caso o importante é o incremento dos ganhos na estação fria;
- O tipo de estrutura depende do material utilizado pois a estrutura do caixilho vai influenciar o facto de obstrução do sistema, pelo que se torna importante otimizá-lo, para além do aspeto económico.



Figura 2.41- Estufa no inverno.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).



Figura 2.42- Estufa no verão.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

✚ Vantagens:

- As estufas reduzem as perdas de calor do edifício, atuando como espaço tampão;
- A variação de temperaturas dia/noite nos espaços habitáveis adjacentes é pequena;
- A estufa pode adaptar-se perfeitamente a edifícios já existentes e permite o incremento da superfície habitável.

✚ Inconvenientes:

- A eficácia térmica da estufa varia muito segundo o desenho, o que torna difícil prever o seu comportamento;
- A construção de estufas de elevada eficácia térmica é cara (grandes superfícies a isolar durante a noite);
- As oscilações de temperatura dentro da estufa são consideráveis e convertê-la em espaço habitável é caro pois requer a inclusão duma elevada massa térmica adicional (principalmente se não for num piso térreo);
- O principal inconveniente da solução de estufa integrada é a dificuldade de adaptação a edifícios já construídos.

8.3.2-Sistema de coletor a ar

Os coletores a ar são constituídos por uma superfície de vidro e absorvem sem qualquer capacidade de armazenamento térmico representando um outro sistema de ganho isolado.

Funciona como termossifão e permite ventilar os espaços interiores adjacentes ao longo de todo o ano.

Corresponde a um sistema que permite aquecer o ar exterior a insuflar no interior do edifício numa situação de Inverno, utilizando para tal um dispositivo de captação solar. Este dispositivo, tal como descrito, permite que toda a radiação absorvida seja transmitida diretamente ao ar de insuflação (ver esquema de Inverno). No Verão o sistema permite a extração do ar interior.

No Inverno o ar é aquecido e insuflado no espaço adjacente por ventilação natural, permitindo assim o aquecimento direto do espaço e, no período de verão, facilita a extração do calor do interior para o exterior, sempre que seja desejável.

No sistema de ganho isolado a captação dos ganhos solares e o armazenamento dos mesmos não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício (Costa, 2008).

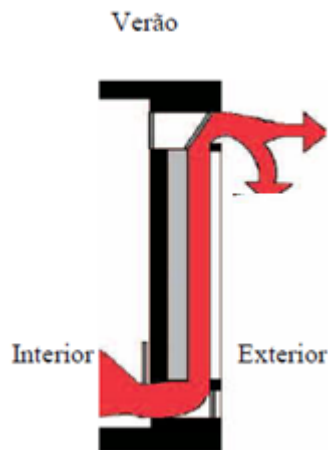


Figura 2.43- Coletor de ar na situação de verão.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

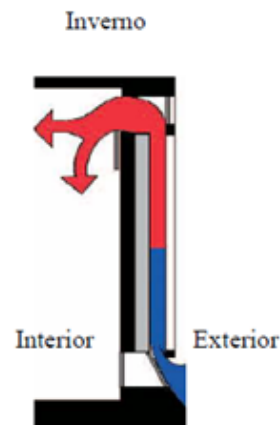


Figura 2.44- Coletor de ar na situação de inverno.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).



Figura 2.45- Coletor de ar visto do interior.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).



Figura 2.46- Coletor de ar visto do exterior.
Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

II.9-Soluções para arrefecimento no verão

Como é óbvio, no Verão os ganhos de calor têm de ser reduzidos ao mínimo.

Felizmente o Sol encontra-se mais alto durante o verão o que reduz a sua penetração em vãos voltados a Sul, sendo este um fator de grande importância. Uma vez que no Verão pretendemos evitar o sobreaquecimento das habitações torna-se necessário adotar medidas para tal.

As técnicas de arrefecimento passivo são amigas do ambiente e têm vindo a ser desenvolvidas desde os métodos mais antigos utilizados na arquitetura até aos mais sofisticados meios modernos. Apesar de algumas das técnicas a seguir apresentadas poderem apenas ser aplicadas eficientemente nos edifícios na fase de projeto, muitas intervenções que tenham como objetivo reduzir as necessidades de arrefecimento no Verão podem ser implementadas em edifícios já existentes com custos aceitáveis.

Um fator de extrema importância é o ângulo de incidência dos raios solares, pois a radiação incidente tem mais dificuldades em passar o vidro quanto maior for o ângulo (Gomes, 2010)

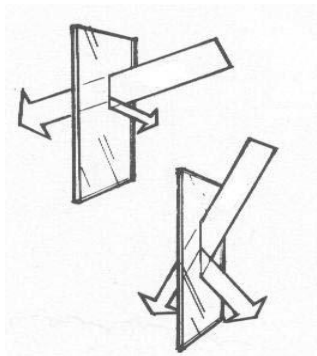


Figura 2.47- Penetração da radiação solar em função do ângulo. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004)

Assim sendo, no Verão como o sol anda mais alto a radiação dissipada será maior e a que entra para o edifício menor, em relação ao inverno. Contudo a intensidade dessa radiação é muito maior sendo portanto necessário recorrer a diversos mecanismos para a minimizar.

Existem várias formas de controlarmos o sobreaquecimento das habitações sem recorrermos a equipamentos de climatização. Contudo essas formas devem ser pensadas e planeadas desde o início do projeto, pois a orientação correta do edifício bem como a inércia térmica são aspetos que não poderão ser alterados futuramente, e são dois aspetos de grande importância no “combate” à radiação, bem como fatores que tem grande influência no uso dos sistemas de arrefecimento passivo.

Os sistemas de arrefecimento passivo baseiam-se em estratégias que visam utilizar as fontes frias existentes de forma a diminuir a temperatura no interior dos edifícios. Desta forma, os sistemas de arrefecimento passivo podem eliminar ou diminuir consideravelmente a necessidade de um sistema de climatização convencional. A adoção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor e de estratégias que deem origem a processos de dissipação de calor, traduzir-se-ão assim numa redução das necessidades de arrefecimento e na melhoria das condições de conforto térmico.

A prevenção ou proteção de ganhos solares poderá ser considerada em todos os tipos de edifícios através de opções arquitetónicas. Há que ter em atenção o tipo de vidros utilizados e o respetivo controlo solar. A melhor solução é seguramente a utilização de sombreamento exterior, pois tal impede a entrada de radiação solar no interior do edifício. Se tal não for possível ou desejável, é de considerar, soluções de vidros refletores associados a sistemas de sombreamento interior uma vez que as proteções exteriores são cerca de 30% mais eficazes que as interiores. Tal deve-se ao fato de a radiação ao atravessar o vidro alterar o seu comprimento de onda, não conseguindo sair, ficando então retida no interior do edifício. Com o uso das proteções exteriores a radiação incidente nessas mesmas proteções poderá ser “removida” pela ventilação natural.

Especial atenção deve ser dada às coberturas dos edifícios, pois são as superfícies que mais radiação solar recebem durante o verão. Outro aspeto a ter em consideração é a cor dos edifícios, sendo que cores claras se traduzem em menores valores de captação da radiação solar, pelo que favorecem naturalmente o desempenho térmico dos edifícios no verão.

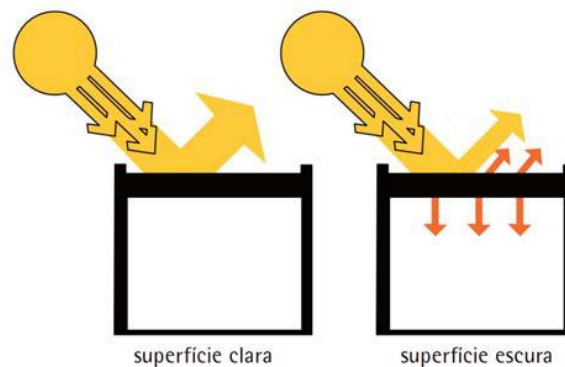


Figura 2.48- Cobertura da superfície clara e escura. Fonte: (Gomes, 2010).

A atenuação dos ganhos de calor através da envolvente do edifício depende também da massa térmica do edifício, ou seja, da capacidade que um edifício tem de armazenar calor na sua estrutura, e dá origem a uma diminuição dos valores de pico das cargas de arrefecimento e a um desfasamento entre as temperaturas exteriores e interiores.

A aplicação de estratégias que visem a dissipação de calor, a que se atribui geralmente a designação arrefecimento passivo ou natural, depende da existência de ambientes propícios que atuem como fontes frias e de diferenças temperaturas que permitam dar origem a processos de transferência significativos (Costa, 2008).

Existem três tipos de sistemas passivos de arrefecimento que iremos ver de seguida: arrefecimento direto, arrefecimento indireto e arrefecimento pelo solo.

9.1-Arrefecimento direto

9.1.1-Ventilação natural

Na ventilação natural a circulação de ar contribui para a diminuição da temperatura interior e, ainda, para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. Tem também implicações em termos de conforto térmico ao provocar perdas de calor por convecção e evaporação nos ocupantes.

A ventilação natural dá-se através do movimento do ar entre a edificação e o exterior, para o qual a implantação das edificações tem grande influência na promoção ou diminuição da ventilação, devendo, para a eficácia da ventilação ser considerada na implantação da edificação os elementos que representem obstruções externas ao fluxo do vento, como muros, cercas, vegetação e outros edifícios.

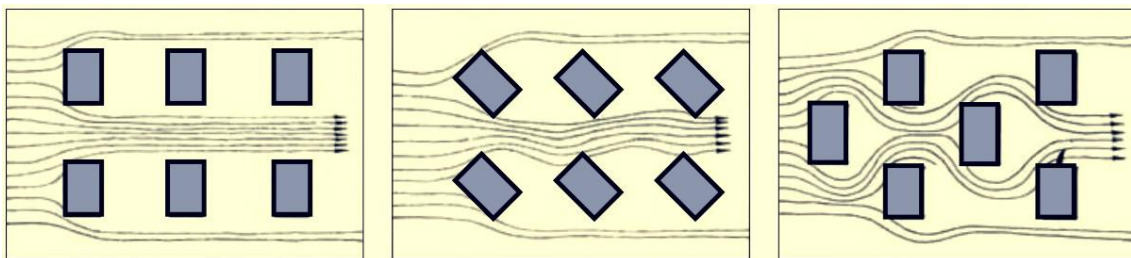


Figura 2.49- Comportamento do vento segundo a disposição dos edifícios. Fonte: (Gomes, 2010).

A ventilação natural depende igualmente da geometria do edifício, do posicionamento das janelas e da velocidade e ângulo de incidência do vento, já que o vento provoca uma pressão positiva sobre a face incidente na edificação e uma pressão negativa na face do sotavento (Gomes, 2010).

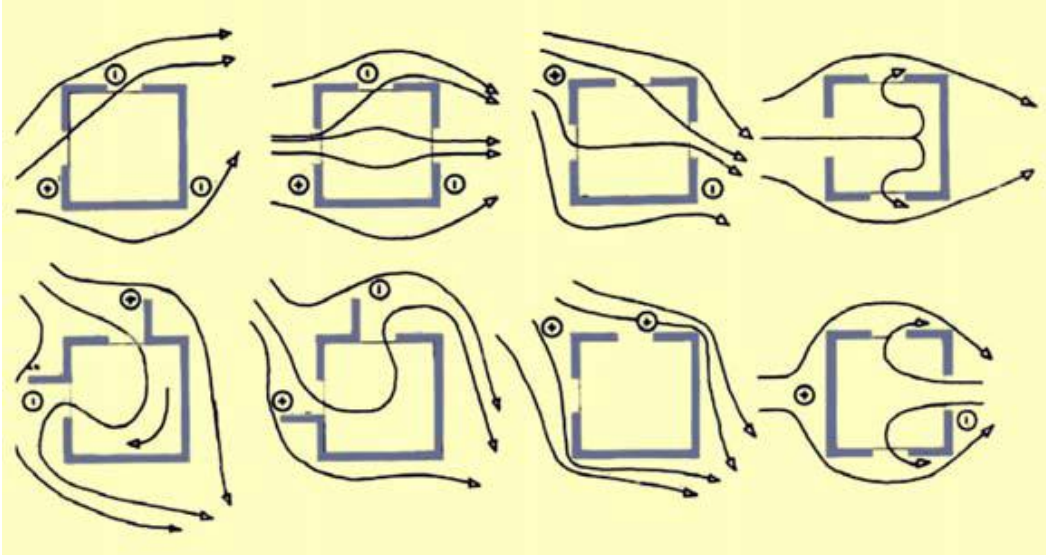


Figura 2.50- Comportamento do vento segundo a disposição das janelas. Fonte: (Gomes, 2010).

9.1.2-Ventilação Cruzada

Na ventilação cruzada o sistema consiste em favorecer o movimento de ar de um espaço ou de uma sucessão de espaços associados, mediante a colocação de aberturas em fachadas opostas como se pode ver na figura seguinte. Este sistema é aconselhável em climas quentes e em climas temperados, para arrefecimento noturno no Verão. As aberturas devem situar-se em fachadas que estejam em comunicação com espaços exteriores que possuam condições de radiação ou de exposição ao vento com características muito diferentes. Os valores típicos gerados por ventilação cruzada situam-se na ordem das 8 a 20 renovações por hora, em presença de um vento fraco no exterior (Costa, 2008).

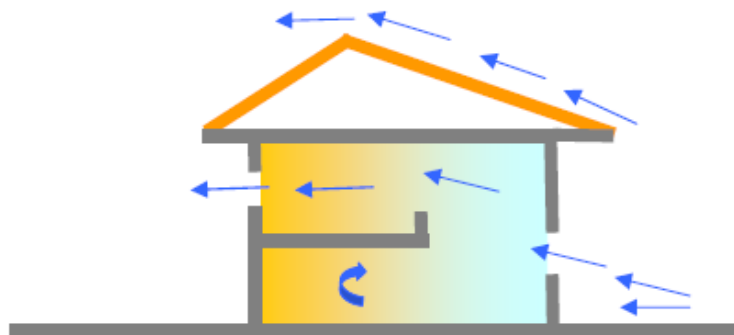


Figura 2.51- Ventilação cruzada. Fonte: (Costa, 2008).

9.1.3-Ventilação Induzida

O efeito da estratificação do ar nos edifícios pode produzir ventilação quando não existe deslocação do ar exterior. Assim, colocando uma abertura na parte superior do espaço, o ar quente tenderá a sair e será substituído por ar fresco exterior introduzido no edifício por aberturas localizadas a um nível mais baixo, como se pode ver no exemplo seguinte.

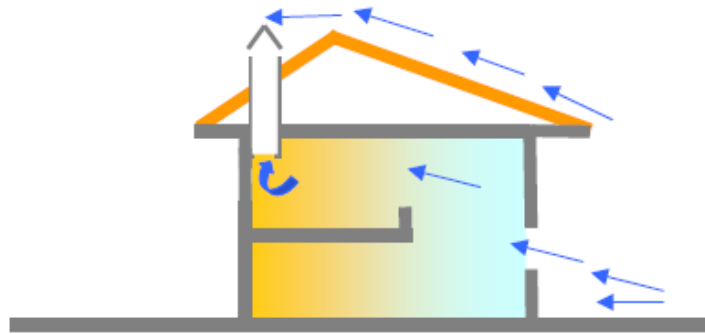


Figura 2.52- Ventilação induzida. Fonte: (Costa, 2008).

9.1.4-Câmara ou Chaminé solar

Para estes sistemas, o espaço a condicionar tem de possuir na cobertura, uma câmara com um captador de cor escura e protegido por um telhado de vidro. Assim, o ar dentro da câmara é aquecido, diminuindo a sua densidade e produzindo um efeito de sucção nas aberturas inferiores que estão em contacto com o ambiente interior. Devemos orientá-lo sempre para a máxima intensidade da radiação solar (Sul, Este ou Oeste, de acordo com o horário de utilização previsto). Como vantagens destes sistemas, temos o facto de se poderem combinar facilmente com outros de tratamento de ar, assim como o de terem um maior rendimento quando a intensidade da radiação for maior, ou seja, sempre que o sistema seja necessário (Mendonça, 2005).

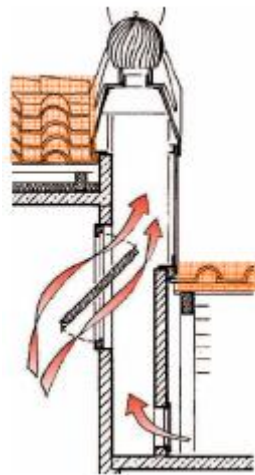


Figura 2.53- Chaminé solar. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

9.1.5-Arrefecimento evaporativo

Esta estratégia baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água trata-se de um arrefecimento evaporativo direto. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício.

A água, na sua mudança de líquido a vapor, necessita de absorver calor sensível, dando origem a uma diminuição da temperatura (do termómetro seco). Este arrefecimento pode ser direto, se se verificar um aumento do conteúdo do vapor de água. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício. Se a evaporação tiver lugar num elemento do edifício (parede, por ex.), provocando uma diminuição da temperatura da superfície desse elemento e do ar adjacente, sem que se verifique um aumento da humidade do ar, estamos perante um arrefecimento evaporativo indireto.

As técnicas passivas diretas incluem o recurso à vegetação para promover a evapotranspiração, fontes, piscinas e lagos artificiais. Existe ainda um outro processo de arrefecimento evaporativo direto que consiste na injeção de água sob a forma de gotas para que o ar exterior seja arrefecido antes de entrar no edifício.

Para que o resultado seja mais eficaz é necessário a existência de um lençol de água num espaço quente e seco pois esta evapora-se incrementando a humidade do ar. Neste processo a água absorve energia em forma de calor latente sem incrementar a sua temperatura. Assim, produz-se um efeito de refrigeração e de humedificação do ambiente. Os fatores mais importantes que propiciam a evaporação da água são a presença de uma boa superfície de contacto entre o ar e a água e o estado de agitação desta. Por este motivo, torna-se uma boa solução a instalação de fontes e correntes de água que incrementem a turbulência e a superfície de evaporação. Um outro fator a considerar é a incidência do vento que favorece, consideravelmente, a evaporação. Um procedimento já referido, para manter o edifício fresco, é utilizar uma cobertura com água. Deste modo, a evaporação refresca a superfície do teto favorecendo a absorção do calor procedente do interior do edifício. Outra forma de conseguir arrefecimento por evaporação é a de criar uma fachada em que a água escorra de preferência sobre uma rede que deixe a corrente de ar atravessar e, dessa forma, incrementar a evaporação (Costa, 2008)

Quando se promove o arrefecimento através da evaporação nas superfícies exteriores expostas à radiação solar ou ao ar quente do interior, está-se em presença de um arrefecimento evaporativo indireto, assim designado por se contribuir para uma diminuição da temperatura do ar interior sem o aumento do conteúdo de vapor de água.

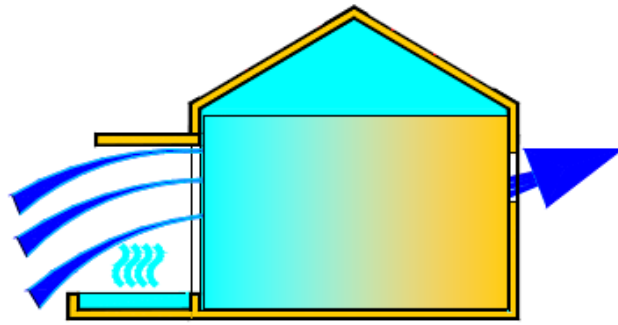


Figura 2.54- Arrefecimento evaporativo. Fonte: (Costa, 2008)

Existem ainda soluções diversas que propõem fontes de água dentro do edifício. Exemplo é o sistema de “roof-spraying”, que tal como o nome indica permite um arrefecimento do telhado, promovendo a dissipação do calor da radiação solar através da evaporação da água.

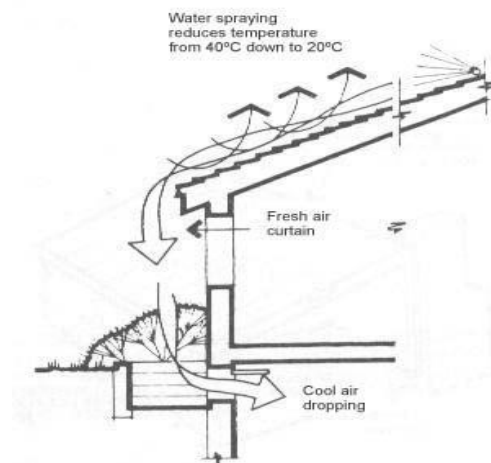


Figura 2.55- Sistema roof-spraying. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004).

9.1.6- Construções enterradas

A temperatura do solo mantém-se relativamente constante ao longo do ano, variando apenas com a latitude e a profundidade do ponto considerado. Em zonas climáticas temperadas a temperatura da terra a uma profundidade de 1,2m varia apenas cerca de 10°C. Portanto, a terra encontra-se no Verão mais fria que a temperatura ambiente exterior, pelo que um maior contacto do edifício com o terreno implica uma descida da temperatura. No Inverno sucede o oposto. A forma mais fácil de obter um maior contacto com o terreno consiste em enterrar o edifício, aproveitando o desnível do terreno em socalco ou encostando terra às paredes. Enterrar os edifícios permite igualmente criar uma elevada proteção acústica ao ruído exterior (Mendonça, 2005).



Figura 2.56- Casas enterradas nos alpes, Suíça. Fonte: (Meirelles, 2010).

9.1.7-Proteção solar

Os ganhos solares através das janelas podem ser significativos. A necessidade de sombreamento poderá ser reduzida se se proporcionar proteção, de forma sensata, nas áreas envidraçadas, conforme a orientação e localização geográfica. Quando há excessiva radiação solar nos períodos de dia, no verão, a forma mais eficaz de reduzir os ganhos de calor será evitar ou bloquear a radiação solar. Os estores exteriores são a solução ideal para a proteção e sombreamento das fachadas refletindo até 80% dos raios solares. O sombreamento, praticamente em todos os climas (com exceção dos muito frios), é sempre um fator essencial para um bom comportamento térmico destas fachadas. O seu desenho e características devem obedecer a certas regras, nomeadamente ter em conta as diferentes alturas e azimutes do sol, durante o ano, pela análise das respetivas cartas solares. O sombreamento pode ser feito por elementos naturais: através de vegetação que poderá ser de folha caduca e desta forma permitir a passagem dos raios solares no Inverno ou através da posição relativamente ao relevo geográfico. Pode também ser feito pela conceção arquitetónica através da diferente orientação dos vãos, pela posição relativa a outras construções e pela própria volumetria e forma da construção. Podem também ser utilizados elementos construtivos e acessórios tais como palas (metálicas, de betão armado ou de pedra), estores manobráveis com a vantagem adicional do baixo peso e custo, sendo possível obter vários graus de transparência e regulação do fluxo solar com maiores ou menores fatores de sombreamento ou mesmo de isolamento noturno. O uso de dispositivos de sombreamento e isolamento reguláveis é importante, tanto no Verão como no Inverno, do ponto de vista da redução das perdas de calor por transmissão e do controlo da entrada do sol.



Figura 2.57- Pala exterior ajustável.

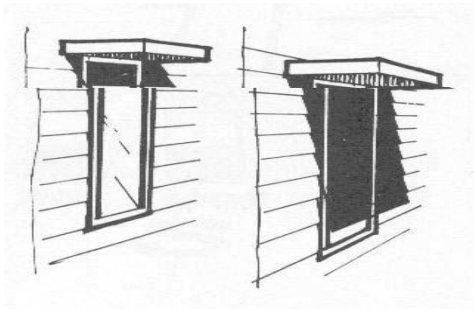


Figura 2.58- Pala exterior fixa. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004).

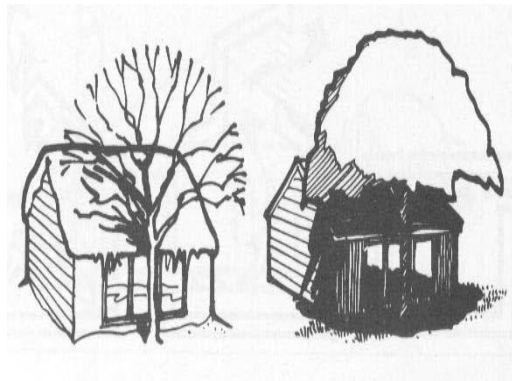


Figura 2.59- Sombreamento com plantas de folha caduca. Fonte: (Lanham, Gama & Braz, 2004).

Sem perder as vantagens que as janelas nos oferecem, os sistemas de sombreamento têm uma função primordial, a de cortar a incidência dos raios solares (quando estes não são desejados) antes de atravessarem o vidro, porque, uma vez atravessado o vidro, os raios solares que transportam o calor (a radiação térmica) alteram o seu comprimento de onda e não conseguem voltar a sair através do vidro, ficando detidos no espaço interior. Verifica-se, então, o fenómeno que conhecemos como Efeito de Estufa.

Devemos ter em consideração os seguintes aspetos, na especificação do sistema de sombreamento exterior, tendo como objetivo controlar a quantidade da radiação solar que atinge os espaços interiores e otimizar o seu desempenho energético (Lanham, Gama & Braz, 2004):

- O sistema escolhido deve proteger os vãos envidraçados da radiação indesejada, sem necessariamente alcançar a oclusão noturna;
- O sistema selecionado deve permitir uma boa ventilação natural (com a janela aberta), mesmo quando este se encontra descido e orientado na posição de sombrear;
- O sistema deve permitir que se goze a vista, mesmo quando se encontra descido e orientado na posição de sombrear;
- O sistema deve ser orientável para permitir vários graus de proteção da radiação solar, consoante a inclinação dos raios solares;
- O sistema deve ser facilmente operável, preferivelmente pelo interior;
- Para evitar que a radiação térmica captada pelo próprio elemento de sombreamento seja transmitida para o interior, é importante garantir uma distância suficiente entre o elemento de sombreamento e o vão envidraçado para que a ventilação natural possa realizar-se;

Devemos, ainda, ter em consideração os seguintes aspetos na especificação do sistema de sombreamento exterior, tendo como objetivo controlar a qualidade da iluminação natural que atinge os espaços interiores:

- O sistema especificado deve permitir controlar o nível de luminosidade que se pretende admitir para o interior da habitação, facilitando a criação de uma diversidade de atmosferas;
- Mesmo quando está previsto que a operação do sistema de sombreamento se faça manualmente, é importante efetuar, sempre que possível, uma pré-instalação para eletrificar a sua operação no futuro e para comandar à distância, porque, durante a execução da obra, os custos de executar uma pré-instalação são ínfimos, quando comparados com a sua execução após o termo da obra.

9.2-Arrefecimento indireto

O arrefecimento indireto utiliza elementos que absorvem o calor do edifício e o arrefecem radiando energia para o exterior permitindo a passagem de um fluxo de ar fresco. Os elementos do sistema de arrefecimento indireto são a radiação e a ventilação noturnas dos elementos que armazenam o calor.

9.2.1-Arrefecimento por Radiação

A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício poderá ser utilizada no arrefecimento do mesmo. As perdas por radiação ocorrem durante os períodos diurnos e noturnos, tratando-se pois de um processo contínuo.

Os materiais emitem calor sob a forma de radiação eletromagnética, cujo comprimento de onda depende da temperatura a que se encontram. Trata-se de um processo contínuo. No entanto, é durante a noite que este se faz sentir, devido à ausência de radiação solar fazendo com que haja trocas entre os materiais e o ar exterior, que se encontra a uma temperatura mais fria.

Segundo Costa (2008), durante a noite o isolamento é retirado e o elemento de armazenamento irradia o calor para o exterior. O arrefecimento por radiação noturna é especialmente útil quando a diferença de temperatura entre o dia e noite ultrapassa os 10°C. É conveniente que a superfície radiante seja na cobertura porque esta tem um fator de exposição atmosférica maior que as superfícies verticais (que irradiam apenas 50% em relação às superfícies horizontais).

As coberturas horizontais são as componentes privilegiadas relativamente ao arrefecimento radiativo, mas a estes elementos da envolvente é geralmente aplicado isolamento térmico, de forma a minimizar as perdas (Inverno) e ganhos de calor (Verão), o que poderá contribuir para uma redução do potencial de arrefecimento radiativo noturno. Um sistema com base neste conceito e que permite otimizar as perdas por radiação consiste em instalar um isolamento móvel que só é ativado durante o período diurno de modo a minimizar os ganhos de calor provenientes da radiação solar. Esta prática só será efetiva nos últimos pisos dos edifícios.

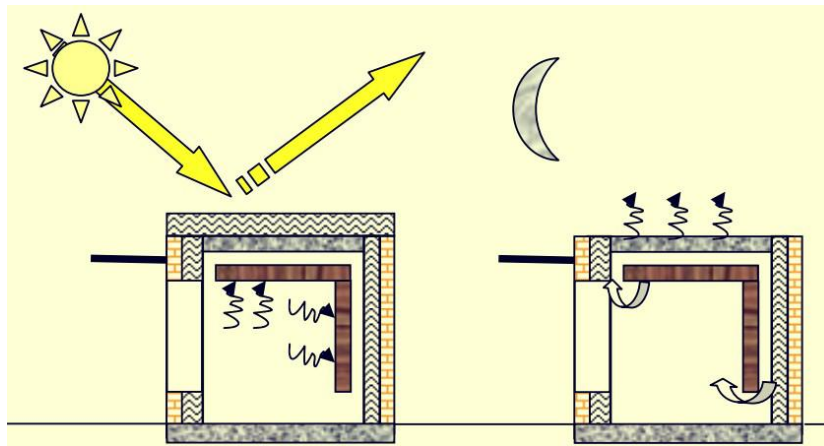


Figura 2.60- Arrefecimento por radiação. Fonte: (Gomes, 2010)

Em síntese, esta técnica de arrefecimento não é simples nem prática, constituindo um potencial interessante mas de difícil aplicação nos edifícios.

9.2.2-Ventilação noturna

O princípio deste sistema é fazer circular pelo edifício o ar fresco da noite e das primeiras horas do dia. Este ar refresca os elementos de armazenamento térmico do edifício. Durante o dia estes elementos captam o calor do ambiente interior, refrigerando-o. Uma variante deste sistema produz-se quando o elemento de armazenamento térmico é um leito de pedras situado sob o espaço a climatizar. Durante a noite o ar fresco exterior atravessa as pedras, arrefecendo-as. Durante o dia, o ar mais quente do ambiente exterior atravessa as pedras, perdendo parte do seu calor e arrefecendo o ambiente.

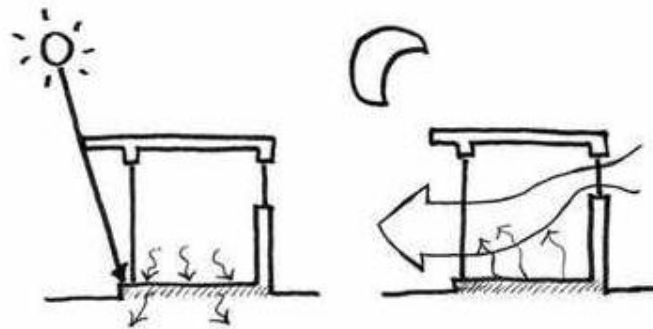


Figura 2.61- Ventilação noturna. Fonte: (Neves, 2010).

9.3-Arrefecimento pelo solo

O arrefecimento pelo solo obtém ar fresco numa zona separada de um ambiente a arrefecer. O procedimento é fazer circular o ar exterior por uma tubagem enterrada ou que atravesse um leito de água. O ar arrefecerá mais, quanto maior for o percurso antes de chegar à superfície.

As tubagens de arrefecimento podem constituir um sistema aberto que arrefece o ar do exterior, ou pode ser fechado, arrefecendo assim o ar recolhido no próprio edifício.

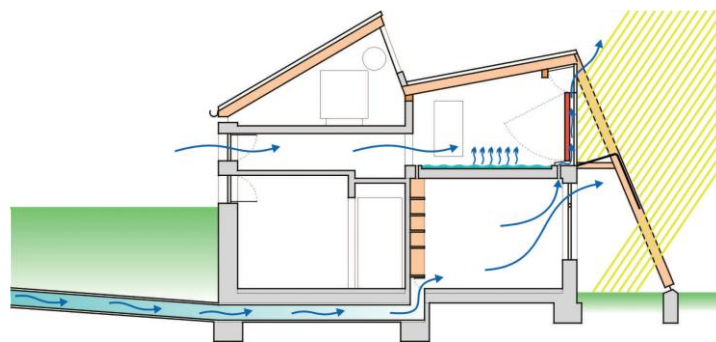


Figura 2.62- Arrefecimento pelo solo. Fonte: (Gonçalves & Graça, 2004).

O solo, no Verão, apresenta temperaturas inferiores á temperatura exterior, constitui-se como uma importante fonte fria e poderá, no período de Verão, intervir como uma fonte de dissipação de calor, dissipação esta que pode ocorrer por processos diretos ou indiretos.

No caso do arrefecimento por contacto direto com o solo, este constitui a extensão da própria envolvente do edifício (paredes, pavimento e eventualmente cobertura). Do ponto de vista térmico, o interior do edifício encontra-se ligado ao solo por condução através daqueles elementos. Este processo é particularmente eficiente em regiões de clima temperado.

Na situação de arrefecimento por contacto indireto com o solo, o interior do edifício está associado a um permutador existente no solo: condutas subterrâneas colocadas de 1 a 3 m de profundidade. O desempenho destes sistemas depende das dimensões das condutas e da profundidade a que são colocadas, ou seja, da temperatura a que se encontra o solo, da temperatura e da velocidade do ar que circula no seu interior e ainda das propriedades térmicas das condutas e do solo (Costa, 2008).

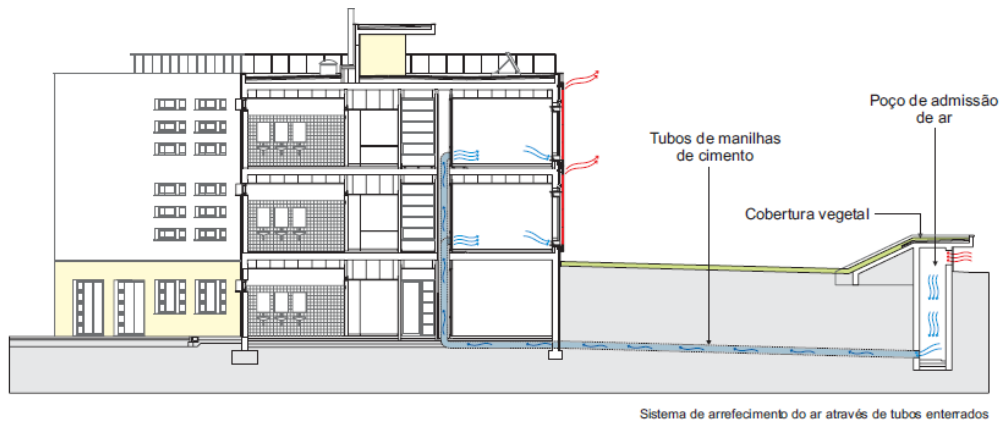


Figura 2.63- Funcionamento do arrefecimento pelo solo. Fonte: (LNEG, 2010).

Capítulo III - Casas de madeira

III.1-Breve história sobre a madeira

Desde o aparecimento do homem sobre a terra até aos nossos dias, a técnica e a arte de trabalhar a madeira tem evoluído desde o processo manual e primitivo, até à vasta e engenhosa indústria moderna. A madeira esteve sempre ao alcance do homem desde os tempos remotos. A imaginação deste soube tirar proveito dela para a execução de inúmeros objetos e produtos. Foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem; para sua defesa (como arma ou fazendo parte dela), para se aquecer, cozinhar, para a iluminação, nos primeiros abrigos, nas primeiras jangadas e barcos.

Com o aproveitamento da pedra polida e de gume bem cortante, o homem começa a utilizar a madeira para edificar as cabanas e choupanas, constituídas de paredes de ramos entrelaçados, rebocados ou não, com terra argilosa.



Figura 3.1- Casa de madeira antiga. Fonte: www.casema.pt

Há documentos que atestam a construção de casas de madeira na Noruega, no século IV d.C. e que na Escandinávia as casas de troncos de madeira, dispostos horizontal ou verticalmente eram frequentes a partir do ano 1.000 d.C. (Casema, 2012).

Os troncos horizontais eram unidos entre si nas suas esquinas, mediante diversos tipos de acoplamento. Esta disposição horizontal dos troncos teve maior aceitação do que a disposição vertical, devido á maior estabilidade que conferiam á construção.

O principal inconveniente da disposição horizontal dos troncos consistia na maior dificuldade em conseguir que os espaços entre eles fossem tapados, para evitar a infiltração de ventos e águas. Esta estanqueidade era conseguida, calafetando as fendas com telas tecidas na cor da madeira ou, nas casas mais humildes, com argila, musgo ou terra. No entanto, qualquer destes métodos apenas atenuava a penetração do vento e da chuva.



Figura 3.2- Casa de madeira com troncos dispostos horizontalmente. Fonte: www.casema.pt

Outro inconveniente na disposição horizontal dos troncos consistia no facto dos topos dos troncos ficarem a descoberto ficando facilmente á mercê do apodrecimento.

Com o desenvolvimento das técnicas de serragem, a partir do século XV, serrações utilizando a água como força motriz, tornaram mais fácil a obtenção de grossas tábuas que por meio de espigas permitiam uma melhor união entre si. Deste modo, pouco a pouco, as casas de troncos foram sendo substituídas por casas de tábuas ou troncos retangulares, que permitiam uma melhor estanqueidade e estabilidade.

A Arquitetura em madeira, partindo destes princípios, foi evoluindo e passando por uma fase de construção popular, alcançando níveis surpreendentes e de grande realização à medida que o desenvolvimento tecnológico foi evoluindo.

Nos nossos tempos, podemos admirar extraordinários exemplos de arquitetura em madeira, em diversas zonas do nosso globo. A Ásia, África, Polinésia e América do Sul oferecem-nos alguns dos exemplos mais impressionantes.



Figura 3.3- Pagode do Templo Horyuji, no Japão. Fonte: (Vaz, 2008).

Igrejas e algumas casas da Nova Guiné têm mais de 18 metros de altura, 30 de comprimento e são construídas inteiramente em madeira. Pilares de Bambu profundamente cravados no solo, erguendo-se no ar, como arcos góticos, sustentam uma pesada cobertura de teto, constituindo algumas das mais audazes estruturas de madeira construídas com o auxílio de ferramentas artesanais e muito limitadas (Vaz, 2008).

Na Escandinávia, a construção em madeira foi inicialmente executada á base de estruturas em aduela, mas a partir do século XV, este sistema foi substituído pela construção em troncos. Os princípios básicos da construção em madeira na Europa remontam á idade do Bronze. As grandes pranchas cortadas em formas quadrangulares estavam ao alcance dos limitados meios técnicos da altura e de como fazer uma estrutura deste tipo de pranchas exigia menos elementos que na utilização dos troncos, foi este tipo de construção que mais foi utilizado. Também nesta época se começaram a utilizar os princípios básicos da triangulação, a união de uma madeira horizontal com uma vertical, quer com a utilização de uma outra, na diagonal, quer entre cruzadas em forma de cruz de Santo André. O costume inglês de construir casas com janelas salientes utilizando para tal vigas e apoios oblíquos, foi evoluindo pouco a pouco. O uso na construção de corpos salientes ao plano das paredes generalizou-se, tanto mais que esta técnica permitia a redução do tamanho das pranchas que suportam a carga e

facilitam a construção. Nos finais da idade média, a destreza dos carpinteiros e artífices, permitia construir edifícios até 5 e 6 pisos. Deste modo muitos edifícios da idade média e renascimento foram construídos em madeira e resistiram tanto ou mais como os construídos em pedra e tijolos. No século XVII, quando se começou a difundir a utilização do vidro, as vantagens das estruturas de madeira adquiriram extraordinária relevância. As janelas passaram a ser elementos fundamentais na construção, encaixando perfeitamente nas estruturas de madeira, enquanto os painéis passaram a ser elementos decorativos que as rodeavam. Durante este período as estruturas de madeira alcançaram o seu apogeu e as suas principais características evoluíram até aos tempos atuais.

III.2-Propriedades da Madeira

2.1-Propriedades físicas

Humidade

O teor de humidade da madeira tem uma grande importância, pois influencia nas demais propriedades desse material.

A Humidade considerada normal para a madeira é de 15%, quando ela atinge a estabilidade com a humidade do ar.

Retratilidade

A retratilidade é a perda de volume provocada pela redução da humidade da madeira. É variável conforme o sentido das fibras. Para amenizar os efeitos da retratilidade, recomenda-se além da secagem adequada, a impermeabilização superficial, pintura ou envernizamento.

Massa específica

A massa específica constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e mecânicas, servindo na prática como uma referência para a classificação da madeira.

A massa específica da madeira pode variar de acordo com a sua localização no tronco e com o teor de humidade.

Dilatação térmica

A dilatação térmica que a madeira experimenta é alterada pela retratilidade contrária, devido à perda de humidade que acompanha o aumento da temperatura.

Condutibilidade térmica

A madeira é má condutora de calor.

Varia segundo a essência, o grau de humidade e também segundo a direção de transmissão do calor. É maior paralelamente que transversalmente às fibras.

Condutibilidade elétrica

Quando a madeira está bem seca, ela é praticamente um isolante. Quando tem um determinado grau de humidade, a resistividade elétrica depende da espécie, da massa específica e da direção.

Dureza

A dureza é a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo. Trata-se de uma característica importante em termos de trabalhabilidade e na sua utilização para determinados fins.

Os diversos tipos de madeira apresentam variados graus de dureza.

As madeiras de lei apresentam dureza alta, pois provêm de árvores mais duradouras, com o cerne bastante desenvolvido.

Higroscopicidade

Capacidade da madeira para absorver humidade da atmosfera envolvente e de a perder por evaporação.

Flexibilidade

Capacidade da madeira para fletir por ação de forças exercidas sobre si, sem quebrar.

Durabilidade

Propriedade que mede a resistência temporal da madeira aos agentes prejudiciais, sem putreficar.

2.2-Propriedades químicas

A composição química da madeira é constituída principalmente por dois tipos de compostos: os componentes estruturais e os componentes não estruturais. Nos componentes estruturais incluem-se a celulose, as hemiceluloses e a lenhina, que são macromoléculas responsáveis pelas propriedades mecânicas da madeira. A composição química da madeira oscila percentualmente entre 40% a 50% de celulose, 20% a 30% de hemiceluloses e 20% a 35% de lenhina. Quanto aos componentes não estruturais são constituídos por substâncias com massa molecular baixa ou média, do tipo orgânico ou inorgânico, vulgarmente denominados por extrativos e cinzas. Quimicamente a madeira pode conter extrativos numa percentagem que varia entre 0% e 10% (Carvalho, 1996).

2.3-Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dependem das propriedades físicas da madeira, principalmente a humidade e o peso específico e dividem-se em dois tipos de esforços: principais e secundários.

- ✚ Aos esforços principais, exercidos no sentido das fibras, relacionadas com a coesão axial do material:
 - Compressão: provoca a separação das fibras e rutura devido à instabilidade elástica;
 - Tração: produz contrações transversais, aumentando a aderência das fibras;
 - Flexão estática: aplicação de uma força no centro do vão de uma viga biapoiada. A rutura dá-se nas fibras solicitadas;
 - Flexão dinâmica ou resiliência: capacidade da madeira de resistir aos choques;
 - Cisalhamento: esforço que provoca deslizamento de um plano sobre o outro.

- ✚ Aos esforços secundários, exercidos transversalmente às fibras, relacionadas com sua coesão transversal:
 - Compressão: esforço de compressão no sentido normal às fibras, após a fase das deformações elásticas, a madeira pode sofrer esmagamento;
 - Torção: tende a torcer um corpo em torno de um eixo;
 - Fendilhamento: esforço de tração aplicado na extremidade de uma peça a fim de descolar as fibras.

III.3-Comportamento da madeira

✚ Comportamento térmico

Devido à baixa condutibilidade térmica da madeira, a sensação de desconforto por variação de temperatura é muito menor do que a sentida no contacto com um revestimentos como a pedra, massas à base de cimento, metais, etc.. Dessa forma, justamente por não ser boa condutora de calor, a madeira tem características de alto

conforto térmico, pois não reflete no interior da residência, com rapidez, as variações da temperatura externa.

Daí dizer-se que uma casa de madeira é fresca de Verão e quente de Inverno.

Cobertura

A probabilidade de ocorrerem infiltrações numa casa de madeira é a mesma que numa casa de alvenaria, ou seja, não depende do material de construção utilizado e sim da correta execução do emboço do telhado, o uso de telhas de boa qualidade, aplicação bem realizada de calhas e rufos nos locais indicados, e assim por diante. A colocação de mantas impermeabilizantes (subcobertura) também é recomendada, qualquer que seja o tipo de construção.

Empenamento

Realmente, qualquer que seja o tipo e a qualidade da madeira, uma peça ou outra, dependendo de determinadas características peculiares à mesma, tais como distribuição das fibras, teor de humidade, esforços aplicados, pode apresentar o defeito chamado empenamento. Esse problema ocorre quase que somente durante a fase de secagem da madeira, ou seja, enquanto não atinge o teor de humidade de equilíbrio com o meio ambiente alguma peça pode empenar. Como os componentes da casa são montados ainda com teor de humidade acima do ponto de equilíbrio, vai ocorrer uma secagem natural durante e após a construção da mesma e é esse o período – que geralmente dura por volta de seis meses, podendo chegar a um ano – sujeito ao fenómeno. Na maioria dos casos nenhuma correção é necessária, pois são ocorrências pouco pronunciadas e não trazem qualquer comprometimento estético ou funcional. A própria construção da casa, com a solidarização total de todos os componentes, impede ou dificulta extremamente que unidades trabalhem de forma distorcida.

Sismos

Devido às propriedades mecânicas da madeira e à técnica de montagem, os troncos de madeira entrelaçados entre si funcionam como uma estrutura sólida, robusta e consistente. As paredes interiores são montadas em simultâneo com as paredes exteriores, tornando a construção extremamente sólida e resistente aos abalos sísmicos e ventos ciclónicos.

É mais do que comprovado que uma vivenda ou edifícios em madeira são construções mais seguras na ocorrência de um terramoto.

A madeira é flexível e move-se com a força do terramoto, e caso o edifício caia, grandes espaços vazios se criam possibilitando salvamentos pois também pesa muito menos que os blocos.

Bichos e fungos

As madeiras macias, de baixa densidade, estão sujeitas ao ataque de cupins e caruncho. Geralmente essas madeiras leves e macias são mais utilizadas para fabrico de compensados e móveis, confragens, andaimes, caixilharia, entre outros. O cupim (que não existe em Portugal) não ataca o cerne de madeiras duras, de alta densidade, tais como angico preto, itaúba, jatobá, tatajuba, e outras de características similares. Existem algumas espécies mais macias, como o cedro, ou médias, como o angelim pedra, que também são muito resistentes ao ataque desses organismos.

O que pode causar o apodrecimento de certos tipos de madeira, sob condições propícias é o ataque de fungos que agem em presença de humidade constante e em contacto com o ar. Algumas espécies têm mais suscetibilidade ao ataque de fungos; outras, mesmo nas mais adversas condições, são extremamente resistentes à atuação desses agentes. Espécies como as que foram referidas anteriormente, estão na categoria das mais resistentes. Além disso, é praticamente impossível a reprodução, numa residência, das condições ideais para o ataque dos fungos, mesmo nas áreas molhadas como casas de banho e cozinha.

Fogos

Ao contrário do que muita gente pensa, é tão difícil uma casa de madeira arder quanto qualquer outra, ainda mais as madeiras de alta densidade. As madeiras de alta densidade têm como característica a queima lenta, de forma que as altas temperaturas necessárias para a propagação da chama demoram a ser transmitidas, facilitando o seu confinamento e controlo.

Segundo a empresa Empatias, a combustão superficial da madeira produz uma camada carbonizada isolante que dificulta a transmissão de calor e a progressão do fogo para o interior. Sob a camada que está carbonizada existe uma outra camada com cerca de 5 mm de espessura na qual a madeira está alterada mas não decomposta. Esta camada é designada por camada de pirólise. A madeira arde cerca de 0,15 mm por minuto, significando que um tronco com 140 mm de espessura leva mais de 1:30 horas até que comece a arder. Até atingir este ponto, a madeira apenas ardeu exteriormente.

Numa construção de madeira verificam-se outros pressupostos, e a resistência de uma madeira ao fogo esta relacionada com (Empatias, 2012):

- A sua espessura da madeira e a sua densidade estrutural, apresentando fibras muito fechadas. Denomina-se este tipo de madeira de alta densidade, originando uma queima muito lenta.
- A madeira que utilizada nas paredes de troncos redondos ou lamelados, têm uma espessura variável entre os 90 mm e os 280 mm.
- Paredes exteriores e interiores com uma espessura total de 350 mm, são o equivalente a paredes de betão com 1200 mm
- Sendo a sua estrutura muito densa e com baixo teor de resinas (3%), e a inexistência de “bolsas” que possam permitir a existência de oxigénio, reduzem desta forma um dos principais alimentadores do fogo.

Uma casa nestas condições é recuperável, o investimento a efetuar na recuperação é baixo, e existem seguros que cobrem os riscos.

✚ Segurança

As paredes de madeira são tão resistentes quanto as de outros materiais. Se a preocupação está relacionada à possível entrada de elementos indesejáveis com objetivos criminosos, pode dizer-se que as dificuldades ou facilidades são as mesmas que as de qualquer outro tipo de construção, ou seja, janelas, portas, telhado, são as vias de acesso normalmente utilizadas e nesse caso, tanto faz se a construção é de alvenaria ou de madeira. Cumpre adotar sempre as cautelas comuns em locais onde a segurança não é de todo garantida. Colocação de grades em janelas, sistemas de alarme, vigilância particular, e apólices de seguro são os procedimentos que melhoram a segurança em qualquer situação ou qualquer que seja o tipo de construção escolhida.

III.4-Tipos de madeira usada

- ✚ O **sistema Nórdico** caracteriza-se por utilizar madeiras nórdicas (Picea Abbies), que apresentam mais densidade de anéis, menor quantidade de resina conferindo maior resistência ao ataque de fungos e ótimo comportamento térmico e acústico em todos os elementos construtivos da moradia.



Figura 3.4- Casa em pinho nórdico. Fonte: www.imowood.pt

- ✚ O **sistema Tropical** caracteriza-se por utilizar madeiras exóticas, de grande durabilidade, elevada densidade e dureza, elevada proteção aos fungos, ótimo comportamento térmico e acústico em todos os elementos construtivos da moradia. As casas são compostas por elementos de madeira maciça ou lamelada – colada, no caso dos montantes e vigamento do telhado.



Figura 3.5- Casa de madeira tatajuba. Fonte: http://pinturas-casas-madeira.blogspot.pt/2010/02/fotos_19.html

- As **madeiras Lameladas** são compostas por lamelas de madeira de espessura pré-dimensionada e classificada segundo a sua classe de resistência mecânica, fortemente ligada por sobreposição, com colas adequadas de grande resistência.

A madeira lamelada colada permite obter grandes vãos, permite que se proceda a uma escolha criteriosa das peças de madeira e à eliminação das deficiências maiores antes da colagem. Esse processo torna as vigas mais homogêneas e evita a fendilhação, uma vez que as tensões geradas por umas lamelas são contrariadas e absorvidas pelas outras.



Figura 3.6- Casa em madeira lamelada. Fonte: www.ecomadeira.com

- ✚ As **madeiras Nobres** são aquelas que, macias ou duras, têm elevada durabilidade natural, bom aspeto geral, cheiro agradável ou ausência de cheiro, elevada estabilidade em todos os sentidos. As madeiras nobres mais macias são utilizadas para fabrico de móveis finos e acabamentos sofisticados, algumas até em esquadrias e portas. Já as madeiras nobres duras têm, além das qualidades acima, alta resistência estrutural, e são usadas não só para a construção de casas, como também para obras de engenharia em que suas qualidades são imprescindíveis.

Existe ainda um terceiro nicho onde estão as madeiras médias, que, sem terem altas qualidades estruturais como as duras, são também de ótimo aspeto e excelente durabilidade natural, o que as torna indicadas para elaboração de

esquadrias, portas, batentes e outros usos em que o requisito estrutural não é importante.



Figura 3.7- Casa de madeira nobre. Fonte: www.imoveis.mitula.com.br.

✚ As casas em **Pranchas de madeira**, de inspiração vinda do continente americano, tal como as de troncos, têm encaixes horizontais do tipo macho-fêmea.

Particularidades:

- São mais baratas e mais vulneráveis ao calor. A principal precaução ao adquirir uma casa deste tipo tem a ver com a qualidade (em particular a densidade) das madeiras. Quanto mais densas, melhor isolamento, térmico e acústico, e maior resistência terão ao fogo e às pragas, como fungos e caruncho;
- Essencial, em regiões quentes, é uma parede dupla, visto que a temperatura é o grande obstáculo deste modo de construção;



Figura 3.8- Casa em pranchas de madeira. Fonte: www.casasdobosque.pt.

III.5-Tipos de casa de madeira

Os principais tipos de casas de madeira considerados são três: as casas de troncos, as casas com estruturas em madeira pesada e as casas com estruturas em madeira leve.

5.1-Casas de troncos

A edificação à base de toros ou troncos pode assemelhar-se à construção em muros de alvenaria visto que estruturalmente funcionam da mesma maneira. O sistema clássico coloca os troncos horizontalmente. A disposição vertical, embora muito menos frequente, também ocorre em algumas situações particulares.

No entanto, as paredes sofrem deslocamentos significativos devido ao efeito da secagem dos troncos, o que pode prejudicar a estabilidade global e localizada, a qual já é dificultada pela difícil interligação entre as peças. A forma redonda e ligeiramente cônica dos troncos permitem uma união completa entre as peças.

As casas de madeira maciça podem dividir-se em dois tipos: as casas em que os troncos são trabalhados manualmente e as casas executadas a partir de materiais trabalhados em serrações de modo industrial (Vaz, 2008).

As casas também se podem classificar segundo as características do sistema construtivo, os tipos de ligação horizontal entre os troncos, o perfil dos troncos e o tipo de sistema usado nos cantos para união das paredes. As diferentes combinações possíveis entre estes elementos caracterizam uma casa de madeira maciça em troncos.



Figura 3.9- Casa de troncos.

5.1.1-Troncos trabalhados à medida - “handcrafted”

Vaz (2008) considera que uma casa é do tipo “Handcrafted” quando os troncos de madeira são trabalhados manualmente por um artesão. Os troncos são apenas descascados de modo a preservarem as suas características naturais e assim

demonstrarem a sua individualidade. As ligações dos cantos são medidas, cortadas e marcadas individualmente.

O custo deste tipo de construção pode ser de moderado a substancialmente mais caro quando comparado com casas de troncos manufacturados, pois requer muita mais mão-de-obra, tempo e o recurso a profissionais especializados. Uma casa de madeira maciça em troncos trabalhada à mão é a construção em madeira com características mais específicas.



Figura 3.10- Troncos trabalhados à medida. Fonte: (Vaz, 2008).

5.1.2- Troncos manufacturados - “milled”

Por outro lado, diz-se que uma casa de madeira maciça é de troncos manufacturados ou “Milled” quando os troncos são trabalhados em serrações de forma a adquirirem uma forma com dimensões uniformes.

O processo de produção vai desde a simples remoção da casca até a serragem dos troncos numa grande variedade de formatos e inclui, em geral, os sistemas de encaixe para a ligação vertical das peças e os sistemas de interligação nos cantos (Vaz, 2008).



Figura 3.11- Troncos trabalhados em serração.

5.2-Casas com estruturas em madeira pesada

Este tipo de edificação supõe um passo em frente em relação ao sistema de troncos, tanto na conceção arquitetónica como na complexidade estrutural.

As estruturas pesadas constituem um sistema praticamente universal e estão presentes ao longo de toda a história da arquitetura num elevado número de países. A corrente ocidental nasce na Europa, sendo exportada para a América do Norte e a corrente oriental nasce na China e expande-se para o Japão e todo o sudoeste asiático. No Ocidente desenvolve-se desde a Idade Média até o século XIX, onde entra em decadência de modo espetacular com a aparição dos novos materiais. No Oriente o seu período de desenvolvimento e declínio é similar ao ocidente.

A madeira é utilizada como elemento estrutural puro. A estrutura é independente do revestimento exterior e os esforços principais, em geral, atuam na direção paralela às fibras. Admite aberturas maiores e alturas até seis andares. Neste último caso, necessita da colaboração de outros materiais, formando estruturas mistas com muros de carga. Permite aproveitar os espaços com tetos inclinados e a cobertura permite maiores espaços entre vãos.

Na sua origem era um sistema muito artesanal e complexo. As peças eram cortadas e montadas “in situ”. Atualmente é muito mais competitivo e simples devido a vários níveis de industrialização e pré-fabrico.

Todas as peças são desmontáveis e transportáveis, podendo ser montadas noutra local graças à numeração. De facto, na Idade Média e no Renascimento uma casa era considerada um bem móvel e como tal, transportável.

Podem-se considerar dois tipos diferentes de estruturas, o sistema porticado, “Post&Beam” e o sistema de entramado, “Timber frame”. Todos têm em comum a utilização em estruturas de grandes elementos de madeira com elevado peso próprio (Vaz, 2008).



Figura 3.12- casa de madeira pesada.

5.2.1-Sistema porticado - “Post&Beam”

Este sistema, como mostra a figura seguinte, é constituído por um conjunto de pórticos que formam um conjunto rígido autoportante e independente dos revestimentos (Vaz, 2008).

As vigas e os pilares têm secções de grande dimensão que permitem a execução de vãos superiores e têm muitas vezes expressão arquitetónica suficiente para ficarem aparentes. As placagens, à exceção dos pavimentos, funcionam como elementos decorativos e de definição dos espaços.

A rigidez do pórtico consegue-se através de elementos diagonais e elementos transversais ou estribos.

Uma série de cavilhas e cunhas contribuem para dar rigidez adequada ao conjunto.

O aparecimento de novos materiais, como os lamelados colados favoreceu também o seu desenvolvimento, bem como o desenho assistido por computador.

Em diversos países da Europa, muitas estruturas modernas em madeira utilizam este tipo de solução.



Figura 3.13- Estrutura em Post & Beam. Fonte: (Vaz, 2008).

5.2.2. Sistema de entramado - “Timber frame”

Neste sistema, como ilustrado na figura que se segue, os entramados são formados por elementos portantes verticais, horizontais e diagonais, criando uma estrutura estável no próprio plano. As diferenças mais reduzidas no entramado e os elementos diagonais de travamento que cobrem planos completos funcionando como muros ao invés do sistema porticado. Os muros são formados a partir de elementos de grande largura. Estruturalmente, cada parede funciona como um muro resistente, onde a madeira trabalha na direção das fibras (Vaz, 2008).

As ligações realizam-se mediante ligações do tipo macho-fêmea, sendo geralmente de menor complexidade que no sistema porticado.

O revestimento realiza-se tapando os espaços vazios com peças de madeira, materiais cerâmicos ou outros materiais adequados.

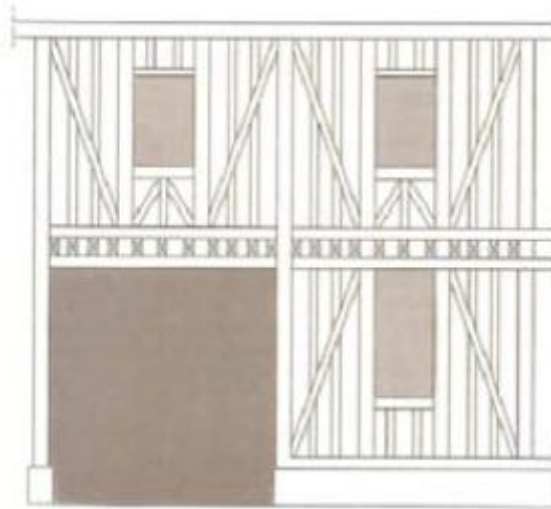


Figura 3.14- Estrutura em Timber Frame. Fonte: (Vaz, 2010).

5.3-Casas com estrutura em madeira leve

Este sistema representa a evolução mais recente da madeira como material estrutural de construção.

As estruturas leves têm a sua origem na América do Norte. Surgem no século XIX como consequência de dois fatores: a disponibilidade de produtos industriais normalizados, madeira serrada e pregos, e a necessidade de dispor de um sistema rápido de construção devido à colonização do Oeste dos Estados Unidos (Vaz, 2010).

Apesar de poderem ser definidas como uma evolução das estruturas em “Heavy Timber”, representam um novo conceito estrutural. Criam-se estruturas superficiais em muros, lajes e coberturas que ao unirem-se formam uma estrutura espacial.

Utiliza-se um grande número de elementos de largura reduzida, pois a carga é distribuída e conduzida através de muitos elementos.

As peças são usualmente normalizadas e certificadas o que permite o intercâmbio, a modulação e a prefabricação. Para além disso, também têm uma geometria simples, o que permite obter uma construção mais económica.

As uniões são simples, sem juntas nem encaixes especiais, bastando o uso de pregos e cavilhas. Por outro lado perde-se bastante a “arte” da carpintaria, pois requer pessoal pouco especializado o que, no entanto permite ganhos importantes em produtividade.

É mais fácil isolar e impermeabilizar do que uma vivenda tradicional. As cavidades entre os elementos estruturais permitem a passagem das instalações e o preenchimento com isolante.

Vaz (2008) considera que a nível do projeto, é possível uma grande flexibilidade tanto no desenho inicial, como em modificações posteriores, se necessárias. Exige uma grande quantidade de detalhes construtivos especiais, devido ao elevado número de peças que se empregam e também um maior controlo na receção dos materiais, e respetivas proteção e armazenagem.

Do ponto de vista estético as estruturas leves exigem ser “escondidas”. Uma estrutura leve não revestida é uma solução esteticamente inaceitável.

A sua durabilidade não tem razão de ser menor que a construção tradicional, desde que tenha um projeto e uma manutenção adequadas. Nos Estados Unidos, Rússia e Escandinávia existem vivendas deste tipo com mais de 150 anos de vida.

Existem duas classes fundamentais, o tipo “Ballon Frame” (estrutura em balão) e do tipo “Platform Frame” (estrutura em plataforma).



Figura 3.15- Casa em madeira leve.

5.3.1-Estrutura em balão - “Ballon frame”

É o sistema original que dá origem às estruturas leves. No sistema em balão, as fachadas são executadas com montantes contínuos em toda a sua altura, normalmente de dois pisos. A montagem do edifício é bastante complexa, devido à altura dos montantes, à dificuldade de obter peças de madeira suficientemente estáveis e geometricamente perfeitas e ao facto de todos os elementos deverem ser colocados de forma simultânea.

As paredes, pavimentos e coberturas, são constituídas por vigas e os montantes de madeira de pequenas secções, espaçados entre si cerca de 60cm e fixados exclusivamente com o recurso a pregos (Vaz, 2008).

As vigas das lajes ligam-se diretamente aos montantes, as quais são travadas por tábuas transversais, formando o piso.

A conceção, neste tipo de sistema, apresenta algumas deficiências em relação à resistência ao fogo dado que não existe um corte físico em definido entre os dois pisos a construção o que leva a que, em caso de fogo num dos dois pisos, ele rapidamente se propague para o outro piso.

A leveza dos elementos reduziu consideravelmente os custos com a mão-de-obra de fabrico e montagem.

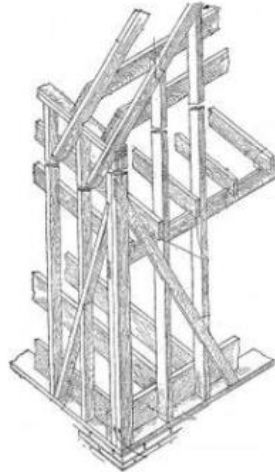


Figura 3.16- Estrutura em Ballon Frame. Fonte: (Vaz, 2008).

5.3.2-Estrutura em plataforma - “Platform Frame”

É um sistema derivado das estruturas em balão.

O componente essencial das estruturas em plataforma é o revestimento das estruturas com placas de madeira, originalmente de madeira maciça, e na atualidade de derivados de madeira. O revestimento garante o funcionamento conjunto da estrutura como um corpo único desde a fundação até à cobertura.

As plataformas, ao nível de cada piso, apoiam-se nos muros de revestimento que lhes servem de estrutura de suporte. A altura dos montantes coincide com a altura dos pisos.

O sistema presta-se melhor ao pré-fabrico, por facilitar a construção de elementos intermédios. A montagem é muito simples. Vão-se elevando consecutivamente plataformas lajes, apoiadas em conjuntos de paredes verticais contínuas que se vão progressivamente travando até à cobertura (fig. 3.17) (Vaz, 2008).

Apresentam um melhor comportamento ao fogo, pois consegue, uma maior estanquidade entre pisos.

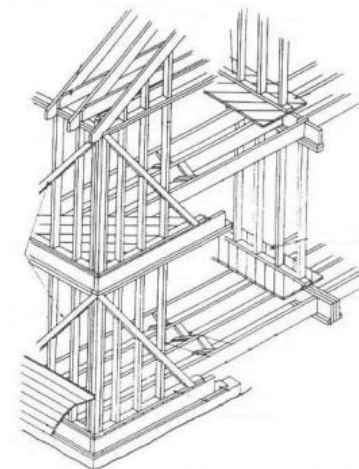


Figura 3.17- Estrutura em Platform Frame. (Vaz, 2008).

III.6-Custo de investimento/manutenção

6.1-Investimento

Uma casa de madeira com a mesma qualidade de acabamentos e condições de habitabilidade torna-se mais competitiva em comparação com uma casa de alvenaria. Tanto pela rapidez da montagem, quanto pela facilidade do acabamento, passando pelas diversas economias no local das obras, os custos envolvidos poderão ser menores no caso da construção em madeira. Não há desperdício de material, já que o kit de madeira incorpora todos os componentes estruturais da casa (paredes, pilares, prumadas, vigas, caibros, ripas), além dos batentes, janelas, portas, forro, rodapé, e outros itens de acabamento. O proprietário só terá que se responsabilizar pelas telhas, pisos e os dispositivos elétricos e hidráulicos, além da pintura e vidros. No final, tudo resulta em obra racional, limpa e rápida, o que se traduz em economia adicional.

O tipo de madeira e a sua espessura, a forma da construção e o número de janelas fazem variar substancialmente o preço. A título de exemplo, uma casa com 170 metros quadrados em pinho nórdico com paredes exteriores de 12 centímetros de espessura custará entre 106 e 117 mil euros. O custo da instalação elétrica acrescerá cerca de 5 mil euros e a instalação sanitária ronda os 10 mil euros. Optando pelo mínimo dos mínimos a casa custará cerca de 121 mil euros. As melhores empresas garantem tempos de montagem de cerca de mês e meio por cada 100 metros quadrados de construção, o que significa que para a área mencionada o tempo de obra oscilará entre mês e meio e dois meses. (nota: o exemplo acima mencionado é referente a casas personalizadas, ou seja, o preço das modulares é significativamente mais baixo) (Cid, 2012).

6.2-Manutenção

As casas de madeira podem durar tanto ou mais que uma casa de alvenaria. Para isso basta fazer uma manutenção nas madeiras exteriores a cada 3/5 anos com um produto de acabamentos para exteriores (verniz ou tinta). O produto dá à madeira um bonito aspeto, realça as características particulares de cada tipo de madeira acentuando a sua textura. Contém agentes hidrófugos e fungicidas que asseguram a proteção da madeira, a sua grande elasticidade permite uma perfeita adaptação aos movimentos da madeira sem fissurar ou formar bolhas. Garante a máxima resistência às radiações solares, bem como à ação da chuva, sendo a sua coloração de grande durabilidade e fácil aplicação.

A manutenção de instalações elétricas e hidráulicas são muito simples de executar não exigindo quebra de paredes para instalação de tubagens. Todas as instalações são feitas passando sob o forro (no caso da elétrica) e sobre as paredes, junto às colunas, sendo neste último caso cobertas com peças especiais de madeira que preservam a estética do conjunto e escondem totalmente os cabos. Os canos de água e esgoto normalmente passam sob o piso.

Essa configuração de circuitos permite rápido e fácil acesso para manutenções e reformas, não sendo necessário danificar nada para executá-las.

A manutenção de uma casa em madeira com 100 m², por exemplo, pode custar entre os 300 e os 500 €, sem mão-de-obra (Empatias, 2012).

III.7-Vantagens e desvantagens da madeira

Vantagens:

Térmica

Uma casa de madeira oferece uma poupança energética nunca inferior a 30% comparativamente à alvenaria, com os mesmos acabamentos. A madeira, por ser um isolante térmico natural, absorve calor ou frio mais lentamente que outros materiais. Por isso ao tocarmos na madeira raramente a sentimos extremamente quente ou fria. O mesmo não acontece quando tocamos em cimento, tijolo, cerâmica ou aço.

O isolamento térmico oferecido pela madeira funciona como um excelente regulador de calor, ao ajudar a manter a temperatura interior da casa em níveis amenos. Nem muito calor de Verão, nem muito frio de Inverno.

O coeficiente de isolamento térmico da madeira é 6 vezes superior ao do tijolo, 15 vezes superior ao do betão, 400 vezes superior ao do aço e 1770 vezes superior ao do alumínio. Assim, é possível manter o ambiente interior quente no Inverno e fresco no Verão, com poupanças de energia que podem ultrapassar os 50% em relação às construções de alvenaria ou pedra. Uma parede de madeira com 12 cm de espessura equivale a uma outra em cimento com 30 cm, o que significa que para igual coeficiente de isolamento térmico, uma casa com paredes em madeira maciça permite um ganho substancial de área habitável (Rusticasa, 2011).

Acústica

Isolamento acústico é mais uma característica intrínseca da madeira, embora esta vantagem é relativa dado que as nossas construções estão habitualmente situadas em locais sossegados. De qualquer forma, uma casa de madeira maciça é mais silenciosa no seu interior que uma outra de cimento.

Por outro lado, as propriedades acústicas da madeira são amplamente reconhecidas: absorve uma parte importante da energia das ondas sonoras que recebe, com a consequente redução da poluição acústica. A casa em madeira é uma casa silenciosa e reduz o stress dos seus habitantes.

Durabilidade

Casas feitas de cerne de madeiras duras, duram tanto ou mais que uma de alvenaria, exigindo pouca manutenção, que se restringe à renovação do verniz ou da pintura, quando estes se apresentarem desgastados, a verificação de tempos em tempos das condições das telhas e calhas, coisas que, de resto, são comuns em qualquer tipo de construção. Com alguns cuidados a casa de madeira dura gerações, sempre preservando o conforto e a beleza da madeira nobre.

A durabilidade de uma casa de madeira não deverá constituir preocupação para o seu comprador, uma vez que a mesma poderá oferecer uma resistência aos testes do tempo

tão boa quanto as casas de alvenaria, tendo uma longevidade que, facilmente, ultrapassará os 400 anos.

Tempo de montagem

Normalmente, em 90 dias contados do início das fundações a casa já estará pronta para ser habitada. Considera-se 20 dias para o preparo da base, mais 25 dias em média para montagem do kit (casa de mais ou menos 130 m²), cobertura, instalação de portas e janelas, etc., e os restantes 45 dias seriam necessários para os acabamentos, tais como colocação de pisos, execução da hidráulica, pintura (verniz ou tinta), vidros e execução das obras periféricas, tais como vedações, relvados, jardins, calçadas, portões, etc. Se a opção for uma casa modular, que dispensa de fundações o tempo de construção pode reduzir-se a um mês (Imowood, 2012).

Para aqueles cujo tempo de construção de uma casa representa um importante fator a ter em conta, certamente que a escolha de uma casa em madeira poderá revelar-se uma excelente opção. Tendo um tempo de construção que, frequentemente, não chegará a ultrapassar os 100 dias, estas casas poderão livrá-lo de todos os inconvenientes de ter de esperar uma quantidade excessiva de tempo pela sua finalização.

Fios e tubagens

As instalações elétricas e hidráulicas são muito simples de executar, pois não se exige quebra de paredes para instalação de tubagens, como é praxe nas obras de alvenaria. Todas as instalações são feitas passando sobre o forro (no caso da elétrica) e sobre as paredes junto às colunas, sendo neste último caso recobertas com peças especiais de madeira que preservam a estética do conjunto e escondem totalmente os cabos. Os canos de água e esgoto, em sua maioria, passam sob o piso. Essa configuração de circuitos permite rápido e fácil acesso para manutenções e reformas, não sendo necessário quebrar nada para executá-las.

Ampliação

Uma casa de troncos de madeira é quase como um “Lego” pode aumentar em qualquer momento não se perdendo por esse motivo a eficácia, funcionalidade e conforto inicial. Pode ampliar-se uma casa de troncos abrindo por ex. portas de passagem que façam a união de um módulo a outro.

Manutenção

Ao contrário daquilo que muitos poderão pensar, a manutenção de uma boa casa de madeira está longe de ser um bicho de 7 cabeças, podendo até, sem grande dificuldade, ser executada pelos próprios moradores. Uma simples renovação das camadas protetoras de verniz deverá ser o único procedimento necessário a uma adequada manutenção da casa. Além disso este processo só precisará de ser efetuado, em média, de 5 em 5 anos.

✚ Preço

Apesar de não representar uma regra, o preço de construção de uma casa de madeira poderá, frequentemente, ficar muito mais baixo do que o de construção de uma casa de alvenaria. Dependendo das características da mesma, o comprador poderá obter uma poupança de mais de 30% na compra da habitação, ao preferir que a mesma seja construída em madeira.

✚ Humidade

Uma casa de madeira é saudável porque a madeira respira filtrando o ar e regula o grau de humidade ambiente. Quando o ar ambiente está húmido a madeira absorve alguma dessa humidade, quando o ar ambiente está seco a madeira liberta humidade. O efeito é uma certa regulação da humidade do ar. Numa casa de madeira nunca há uma janela embaciada. É ótimo para quem tem problemas de articulações ou de asma, pois a madeira filtra e purifica o ar.

Desvantagens:

- ✚ Um T2 em madeira, com 50 m², custa cerca de 35 mil euros, ou seja, mais barato que uma casa normal, mas, a instalação de equipamentos de energias renováveis custa quase o mesmo, encarecendo o projeto.
- ✚ Outro entrave a este tipo de casas é a falta de legislação específica. Uma casa de madeira precisa dos mesmos documentos que uma casa normal, nomeadamente um projeto de especialidades (que envolve as ligações às redes de água ou eletricidade).
- ✚ Apesar de estar a crescer, este é um segmento de mercado ainda muito residual. As casas de madeira são um nicho de mercado e como tal ainda representam pouco no volume de negócios da empresa.
- ✚ Em vilas ou aldeias tradicionais, o projeto de uma casa em madeira pode ser recusado exclusivamente por razões estéticas, tal como, mesmo fora do aglomerado, se a casa em madeira for avistável a partir de uma povoação que o município considere “tradicional”.
- ✚ Pode ainda ser considerada uma desvantagem, o fato de a maioria das casas de madeira serem padronizadas, ou seja, maioritariamente são escolhidas por catálogo e não há muito espaço de liberdade para as ideias dos compradores. Anexado a este inconveniente vem o fato dos tamanhos limitados, uma vez que as casas já estão padronizadas.

- ✚ Por fim as casas de madeira apresentam algumas debilidades contra catástrofes naturais, nomeadamente as cheias.

Em suma, as vantagens são muitas e merecem ser bem ponderadas. Claro que, como tudo na vida, as desvantagens continuam bem presentes, sendo uma delas a menor resistência destas casas a determinadas catástrofes climáticas, como é o caso de cheias. Ainda assim, todos os benefícios que poderão ser retirados da compra duma casa de madeira são mais do que razão para uma avaliação cuidada da possibilidade de compra da mesma.

Capítulo IV – Caso de estudo

IV.1- Caracterização física e administrativa

O distrito da Guarda distribui-se por uma área de 5535 km² (6% da área de Portugal) e é constituído por 14 municípios: Aguiar da Beira, Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Fornos de Algodres, Gouveia, Guarda, Manteigas, Meda, Pinhel, Sabugal, Seia, Trancoso e Vila Nova de Foz Côa (CCDRC, 2010).

É limitado a Norte pelo distrito de Bragança, a Sul pelo distrito de Castelo Branco, a Este por Espanha e a Oeste pelos distritos de Viseu e Coimbra. A sua capital é a Guarda.

O distrito da Guarda é composto por 336 freguesias, das quais 54 pertencem ao conselho da Guarda, e nele estão implantadas 19 vilas e 8 das 151 cidades portuguesas: Guarda, Trancoso, Seia, Sabugal, Pinhel, Gouveia, Meda e Vila Nova de Foz Côa.

O território do distrito é muito montanhoso, formado por elevações a diversas altitudes, que se distribuem entre os 1 993 metros, a altitude máxima de Portugal Continental, no município de Seia (no planalto da Torre, na Serra da Estrela) e os 84 metros, no município de Vila Nova de Foz Côa (no extremo norte do município, junto ao rio Douro).



Figura 4.1- Distrito da Guarda. Fonte: www.portugal-verdegaio.blogspot.pt.

IV.2-Characterização demográfica

O distrito da Guarda apresenta uma população de cerca de 170 mil habitantes (2010), o que corresponde a 7% da população da Região Centro (CCDR).

A maior parte da população reside em pequenos aglomerados, sendo os dois conselhos com maior número de habitantes, Guarda e Seia. O distrito apresenta uma baixa densidade populacional, 31 habitantes por km², valor bastante abaixo da média nacional e regional. A análise deste indicador por município revela os municípios fronteiriços com densidades populacionais muito baixas e mostra-nos que mesmo os municípios com maiores concentrações de população (Guarda, Seia e Gouveia) ficam aquém da média da região.

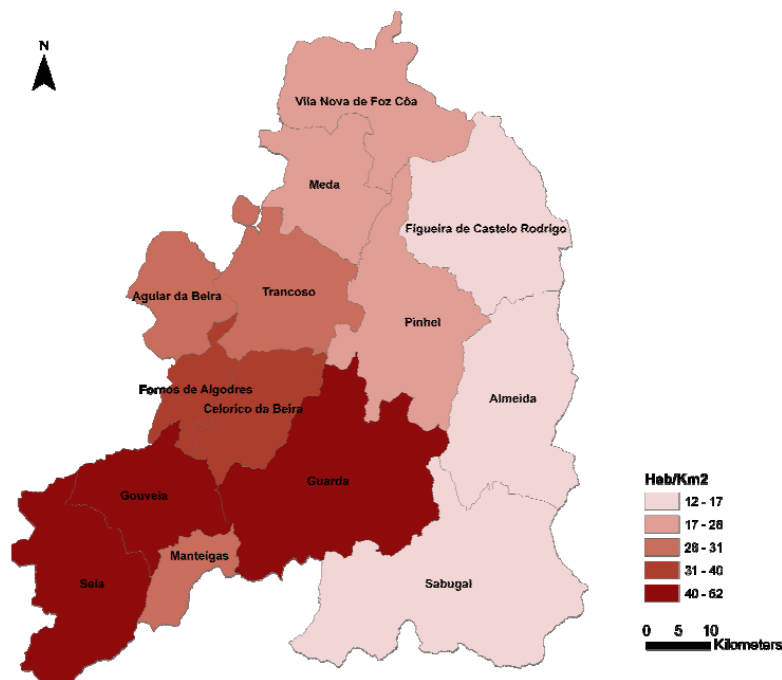


Figura 4.2-Densidade populacional em 2009.

Entre 2001 e 2009, o distrito perdeu 6% da sua população, tendo todos os municípios registado perdas populacionais significativas, com exceção da Guarda, cuja população cresceu 0,5%. De salientar o município de Almeida que perdeu 18,7% da sua população.

IV.3- Caracterização climática

O clima da cidade da Guarda é temperado mediterrânico, com relativa influência continental, visto que no Verão há uma curta estação seca. Os meses mais quentes são Julho e Agosto, com temperatura média de 17°C, e o mês mais frio é Janeiro, com média de 3°C. O mês mais chuvoso é Janeiro, com pluviosidade média de 241 mm, e o mês mais seco é Agosto, com média de escassos 15 mm. A temperatura média anual é de 10°C e a pluviosidade média anual é de 1.713 mm. É considerada uma das cidades mais frias de Portugal, chegando a experimentar alguns dias do ano com precipitações de neve.

O ar, historicamente reconhecido pela salubridade e pureza, foi distinguido pela Federação Europeia de Bioclimatismo em 2002, que atribuiu à Guarda o título de primeira "Cidade Bioclimática Ibérica".

IV.4- Caracterização da habitação

A habitação onde foi realizado o nosso estudo, situa-se à entrada da freguesia de Pêra do Moço a uma altitude de 826m e orientada a Sudoeste.



Figura 4.3- Fotografia aérea da habitação, Pêra do Moço – Guarda.

A habitação tem uma área total de 113,42 m², em que 85,90 m² são correspondentes à área habitável e um perímetro de 43,018 m. O edificado é composto por 2 quartos (T2), uma casa de banho, uma cozinha e uma sala de estar/jantar. No anexo I encontra-se a planta detalhada da habitação.



Figura 4.4- Fotografia da habitação em estudo, Pera do Moço – Guarda.

A habitação é na sua totalidade feita em madeira, apresentando uma espessura de parede de aproximadamente 200 mm, tendo a lã de rocha como isolante. Em termos de ventilação a natural é a única que ocorre na edificação, não existe qualquer tipo de ventilação forçada/mecânica. Relativamente aos vãos envidraçados, são de vidro duplo, possuem caixilharia em madeira e apresentam cortinas interiores de cor clara como mecanismo de proteção solar. Importa realçar, que na fachada voltada a SO os vãos envidraçados, além da proteção solar interior, possuem uma pala exterior de sombreamento. É de notar, ainda, que não existem edificações vizinhas que possam causar sombreamentos indesejados. A cobertura (teto) da habitação é isolada com duas mantas de lã de rocha e está disposto na horizontal, sendo a cobertura exterior de cor clara. Em termos de climatização, o único mecanismo de aquecimento utilizado pelos proprietários é uma salamandra. Por fim, em termos de equipamentos de energias renováveis, a habitação é dotada de coletor solar.



Figura 4.5- Fotografia da fachada principal da habitação em estudo, Pêra do Moço – Guarda.

Através dos dados que possuímos e recorrendo à folha de cálculo do ITeCons, verificamos que esta habitação tem classe energética A (ver em anexo as folhas de cálculo detalhadas).

IV.5-Comportamento térmico da habitação

Para a realização do estudo do comportamento térmico da habitação recorreremos ao aparelho TinyTalk para medir a temperatura e a humidade relativa. Os aparelhos foram distribuídos pelas diferentes divisões, quartos, casa de banho e sala, agrupando sala e cozinha numa só, uma vez que não se encontram separadas por uma barreira física. De modo a fazer a comparação, também foi colocado um aparelho no exterior para medir a temperatura do ar.



Figura 4.6- TinyTalk, aparelho de medição de temperatura.

Relativamente à humidade, foi colocado um aparelho no interior da habitação, aproximadamente no centro, e outro no exterior.

As medições tiveram a duração de 19 dias, iniciando no dia 6 de Julho de 2012 às 00h e terminando no dia 25 de Julho de 2012 às 17:46, sendo que o último não foi contabilizado devido ao manuseamento do equipamento antes de este parar a medição e completar mais um dia. O estudo foi feito com a habitação fechada na maioria do tempo. Os residentes apenas usufruíam da habitação ao entardecer (a partir das 18h), encontrando-se fechada durante a maior parte do dia, e consequentemente nos períodos de maior calor.

Foram realizadas cerca de 1800 medições, cada aparelho, num intervalo de tempo de 15 min, sendo que para a análise de resultados irão ser utilizadas as temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia.

5.1-Análise de resultados

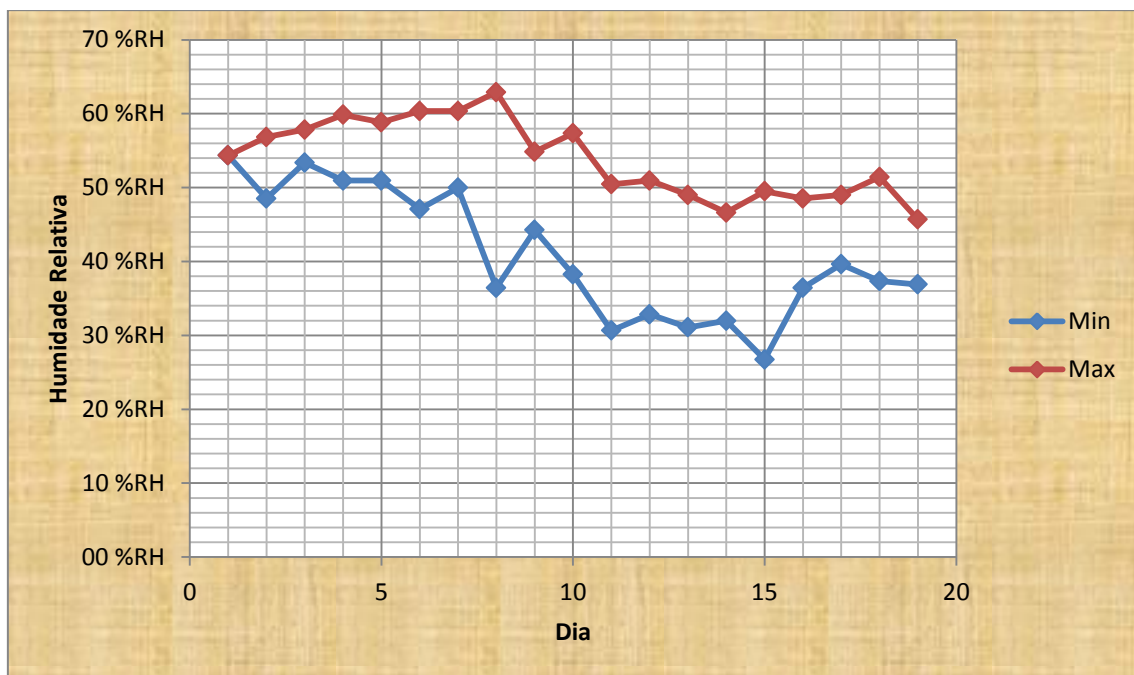


Gráfico 4.1- Humidade relativa máxima e mínima no interior da habitação.

Ao longo dos 19 dias o valor mais baixo de Humidade Relativa registado no interior da habitação foi de 26.7%, no dia 15, enquanto que a máxima foi de 62.9%, dia 8. A maior amplitude registada foi de 26.8% também no dia 8.

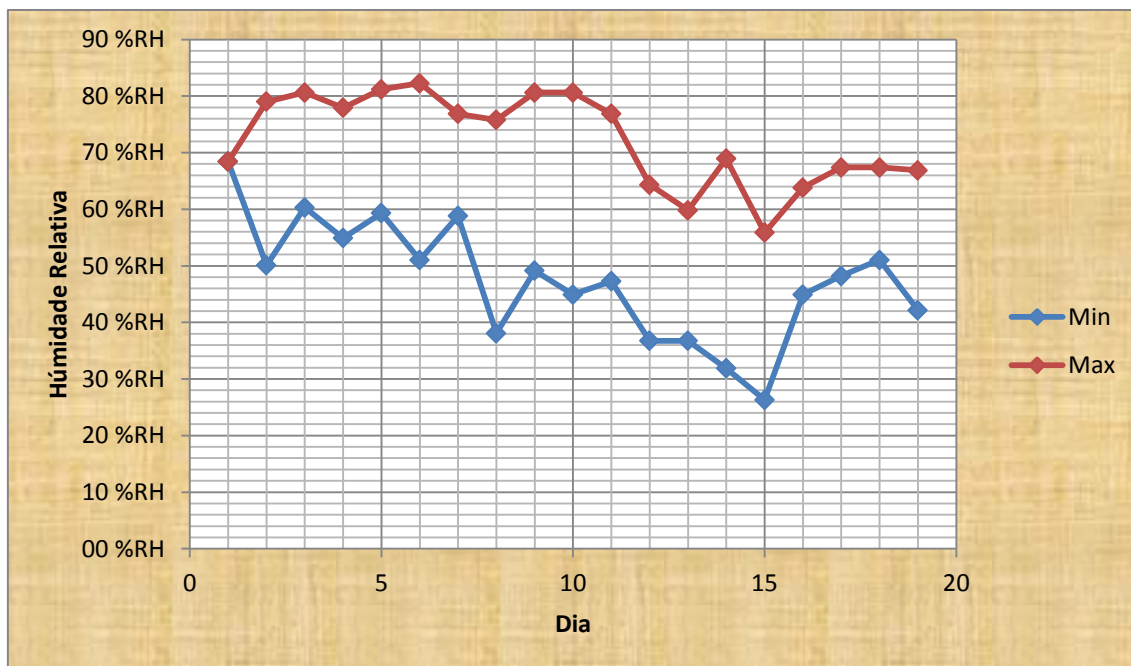


Gráfico 4.2- Humidade relativa máxima e mínima no exterior da habitação.

Durante os 19 dias a Humidade Relativa mais baixa, registada no exterior da habitação, foi de 26.3% no dia 15, por outro lado a máxima foi de 82.3% no dia 6. A maior variação diária ocorreu no dia 8 com cerca de 37.7%.

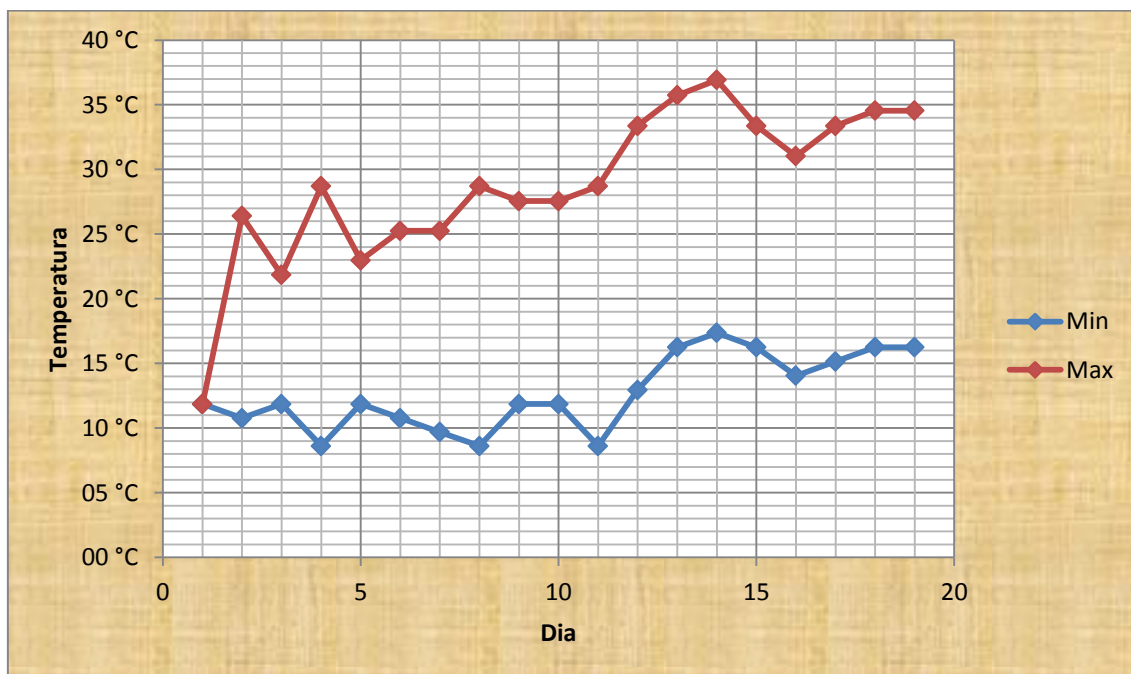


Gráfico 4.3- Temperatura máxima e mínima exterior.

A temperatura mais baixa registada no exterior foi de 8.6°C, ao passo que a máxima foi 36.9°C. Analisando o gráfico 4.3, verificamos que as temperaturas máximas e mínimas diárias no exterior sofrem alterações bruscas, sendo o dia 12 o dia com maior amplitude térmica (variação de 20.4°C).

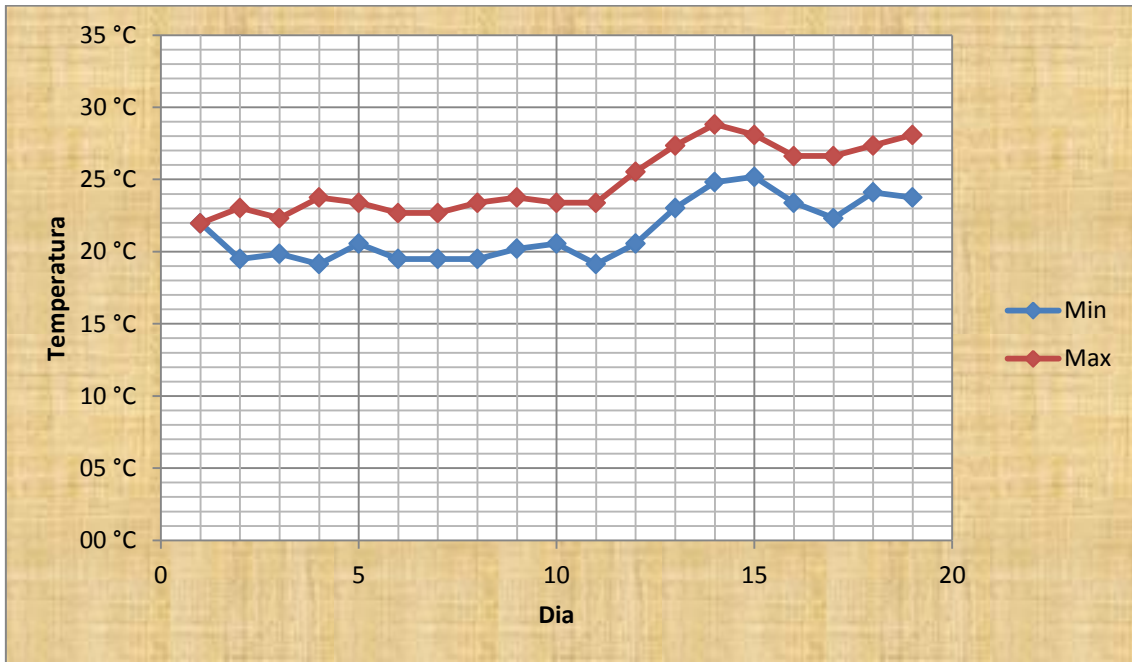


Gráfico 4.4- Temperatura máxima e mínima na sala/cozinha.

Durante o período de medições, a temperatura mais baixa registrada na sala/cozinha foi 19.1°C, por outro lado, a máxima foi de 28.8°C. Atendendo ao gráfico 4.4 verificamos que as temperaturas máximas e mínimas nesta divisão não sofrem alterações bruscas, sendo o dia 12, correspondente à maior variação térmica exterior, o dia com maior amplitude térmica interior (variação de 5°C).

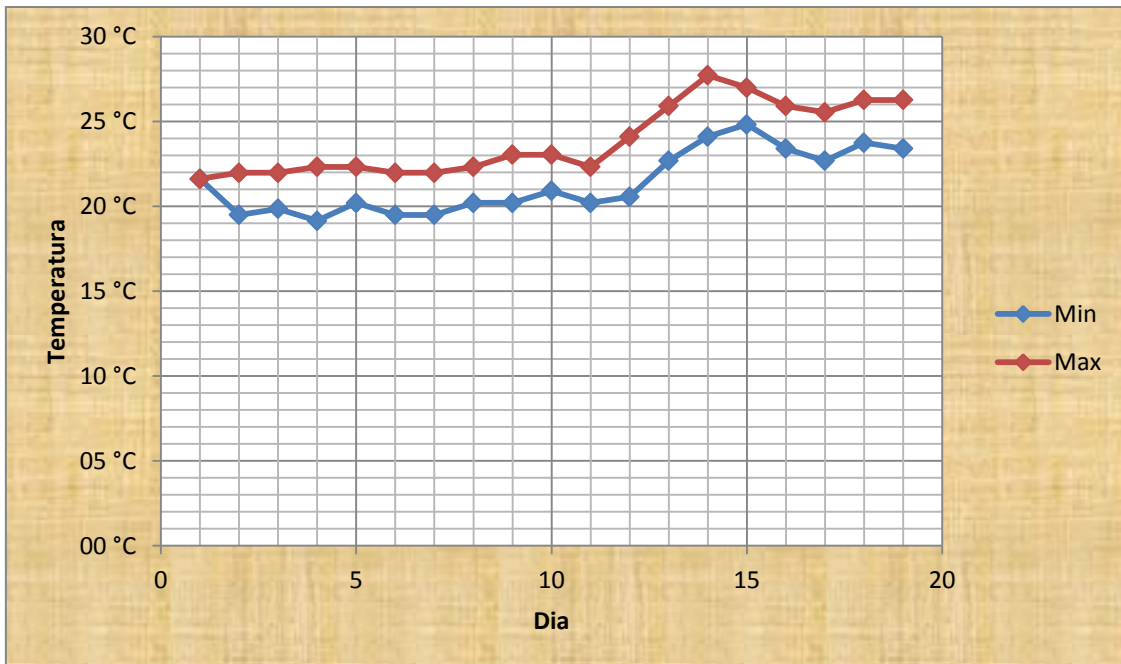


Gráfico 4.5- Temperatura máxima e mínima no quarto 1.

Relativamente ao quarto 1 a temperatura mais baixa foi de 19.1°C, já a mais alta foi 27.7°C. Analisando o gráfico 4.5 concluímos que as temperaturas máximas e mínimas

no quarto 1 não sofrem grandes alterações, sendo a maior variação diária de 3.6°C. Este facto pode ser explicado, devido à ausência de ventilação quer natural quer forçada, assim como a orientação da fachada onde se encontra esta divisão.

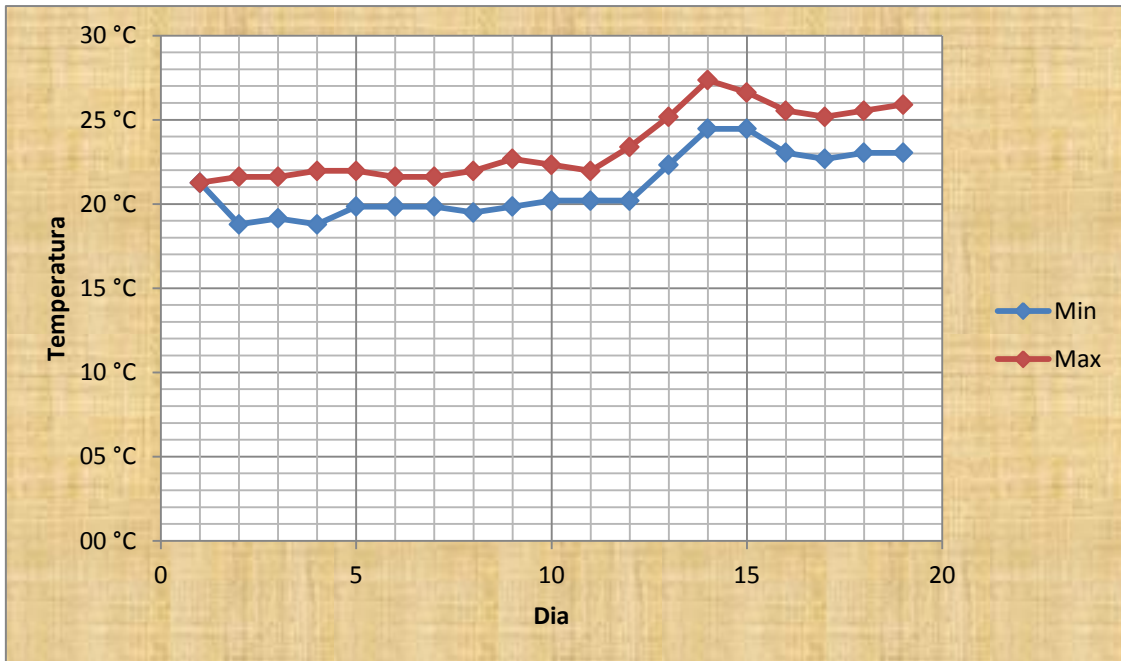


Gráfico 4.6- Temperatura máxima e mínima no quarto 2.

Relativamente ao quarto 2, 18.8°C foi a temperatura mais baixa registada. A mais alta chegou aos 27.4°C. Analisando o gráfico verificamos que as temperaturas máximas e mínimas no quarto 2 não sofrem grandes alterações, sendo a maior amplitude diária de 3.2°C. À semelhança do quarto 1, o quarto 2 apresenta temperaturas e variações idênticas uma vez que também não teve qualquer tipo de ventilação, e encontram-se ambos na mesma fachada da habitação.

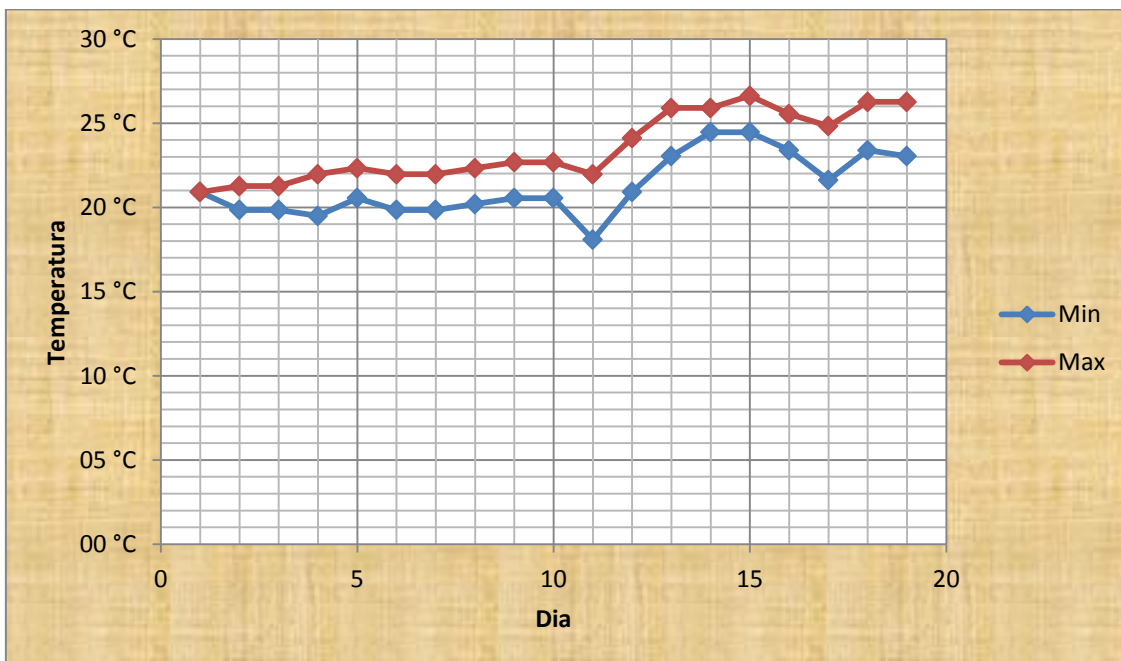


Gráfico 4.7- Temperatura máxima e mínima na casa de banho.

Nesta divisão, a temperatura mais baixa chegou aos 18.1°C, ao passo que a máxima foi de 26.6°C. Atendendo ao gráfico 4.7 atestamos que as temperaturas máximas e mínimas na casa de banho não sofrem grandes alterações, sendo a maior amplitude térmica de 3.9°C. Devido às pequenas dimensões desta divisão, assim como a sua localização relativamente ao norte geográfico, as temperaturas tendem a ser constantes, apresentando respostas significativas apenas nos picos acentuados de temperatura exterior.

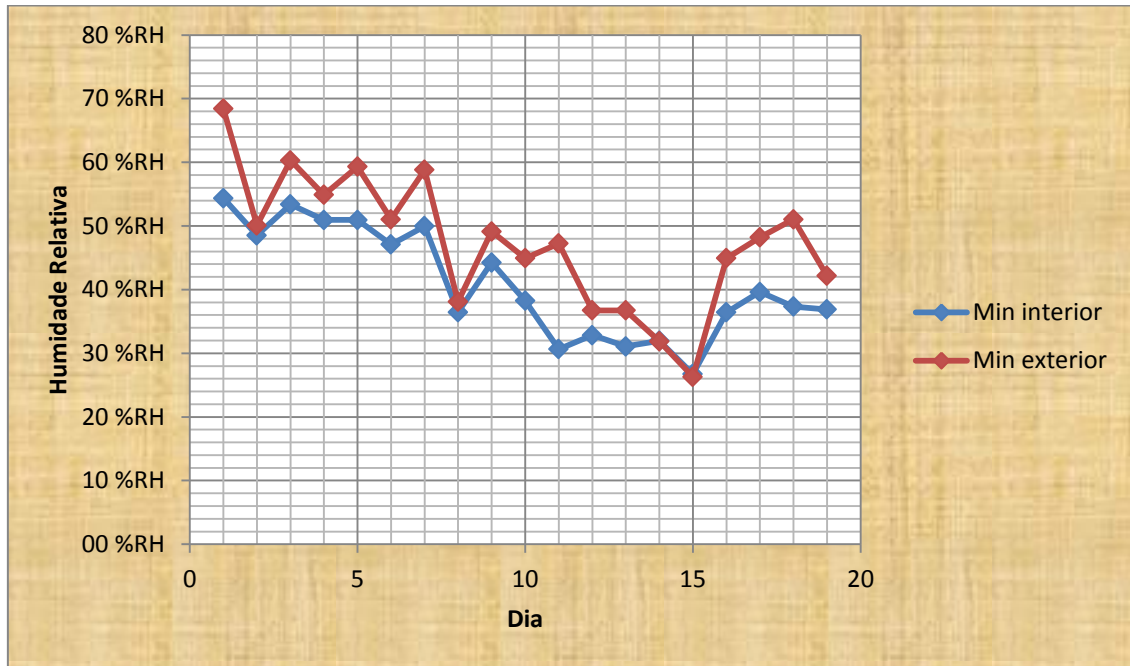


Gráfico 4.8- Comparação entre a humidade relativa mínima, interior e exterior.

A humidade mínima interior tende a ser mais baixa que a exterior devido à menor variação térmica interior, que apresenta temperaturas relativamente constantes.

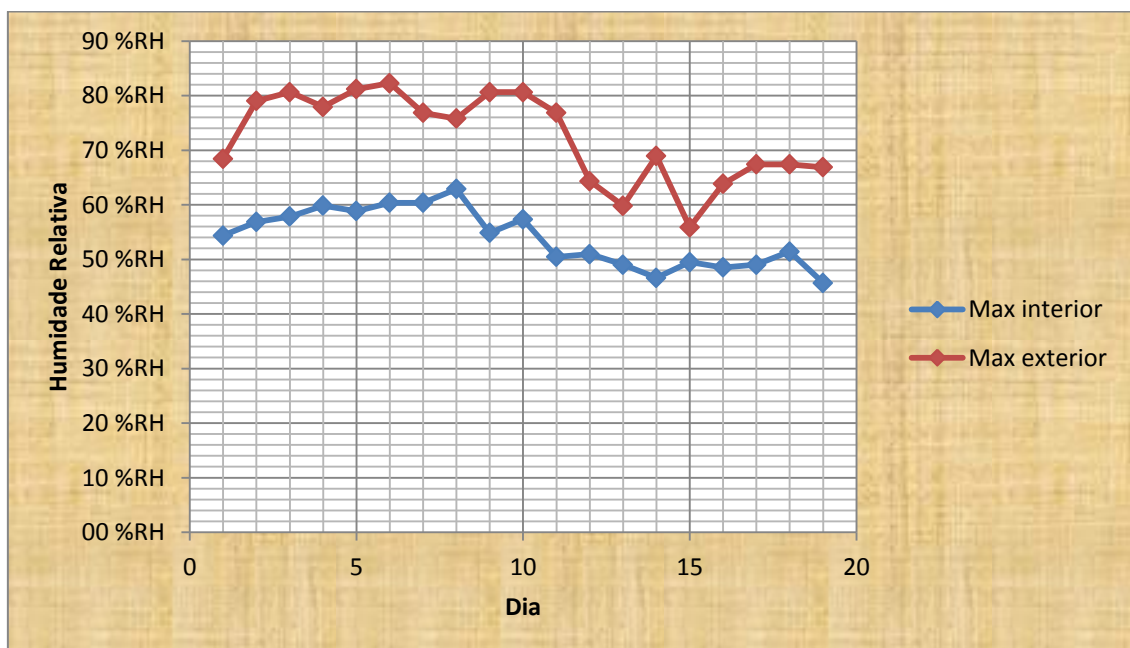


Gráfico 4.9- Comparação entre a humidade relativa máxima exterior e interior.

A humidade relativa máxima exterior tende a ser maior do que a interior uma vez que durante a noite se verificaram descidas de temperatura exterior acentuadas. Importa ainda realçar que o aparelho de medição interior de humidade relativa se encontrava próximo da cozinha, por ser aproximadamente o centro da habitação. Consideramos que a utilização da cozinha pode contribuir significativamente para a variação da humidade interior.

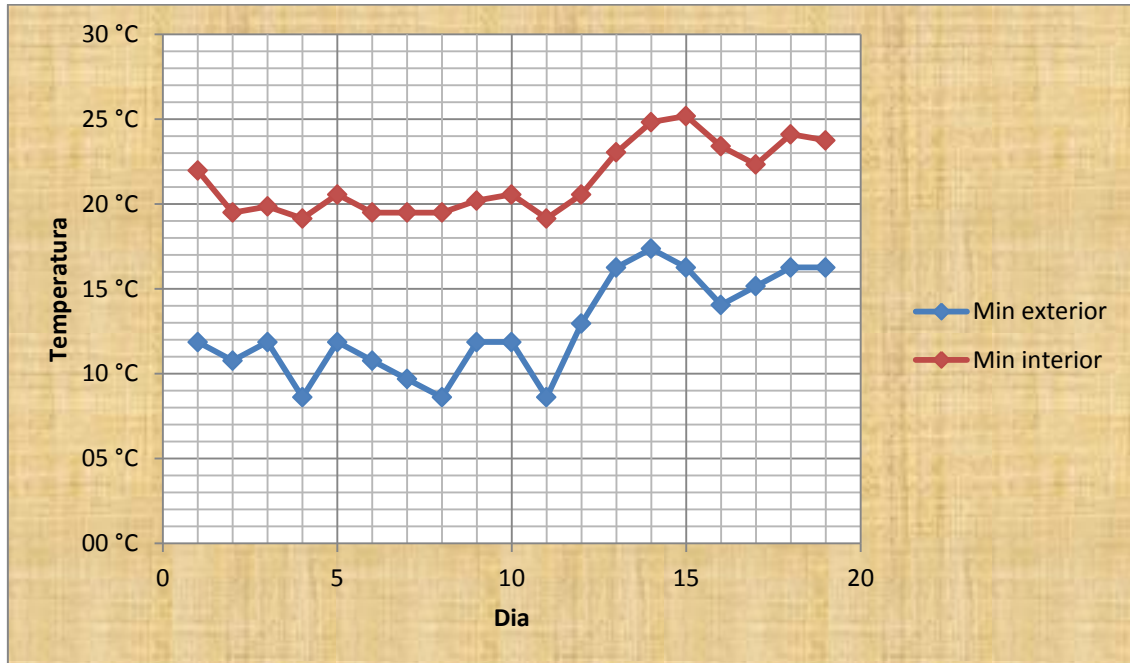


Gráfico 4.10-Comparação entre temperatura min exterior e a temperatura min interior (sala/cozinha).

Ao compararmos as temperaturas do gráfico 4.10, verificamos que a temperatura mínima no interior da sala/cozinha se encontra bastante acima da temperatura mínima exterior. Tal facto deve-se fundamentalmente ao bom comportamento térmico da habitação.

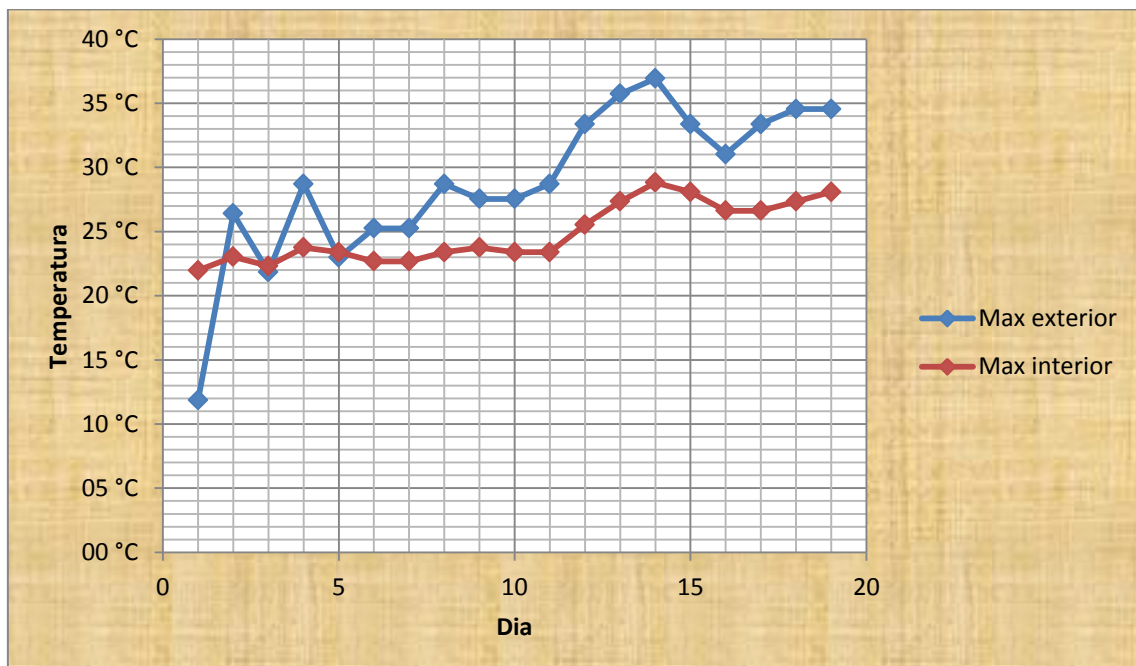


Gráfico 4.11-Comparação da temperatura máxima exterior e temperatura máxima interior (sala/cozinha).

A temperatura máxima no interior da habitação tem um comportamento aproximadamente constante nos primeiros 10 dias. Nos restantes dias sofre um aumento significativo devido a um aumento brusco da temperatura exterior. Ainda assim, ao longo dos 19 dias de medição a temperatura máxima no interior da habitação tende a ser aceitável, uma vez que esta tem défice de ventilação.

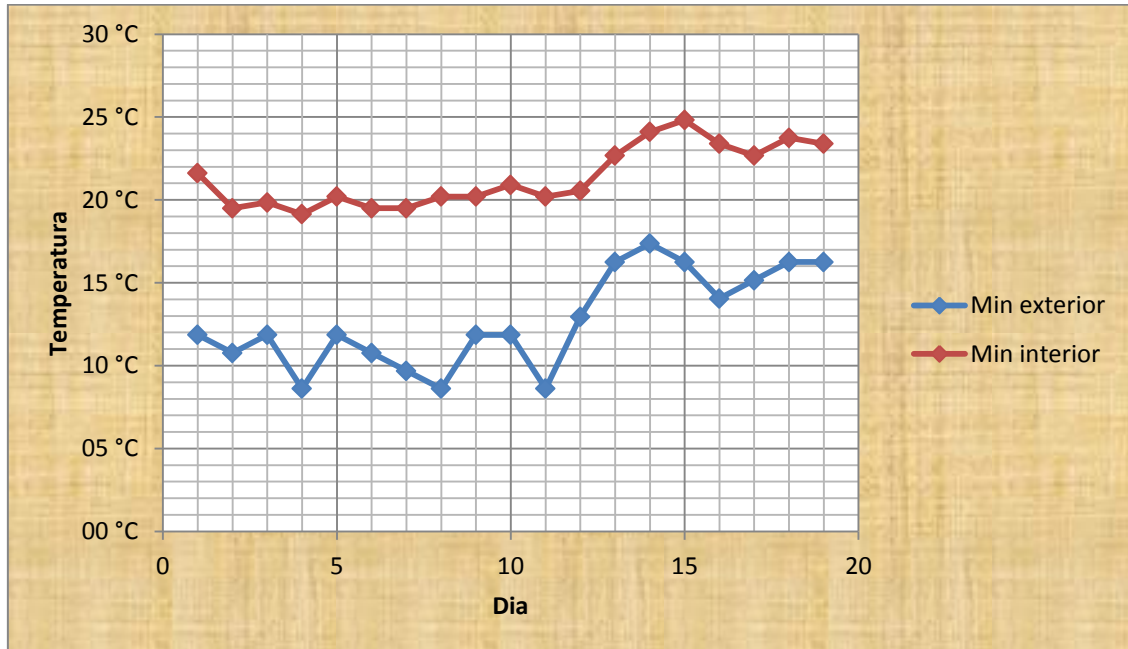


Gráfico 4.12-Comparação entre a temperatura mínima exterior e a temperatura mínima interior (quarto 1).

Ao analisarmos o gráfico acima verificamos que a temperatura mínima no interior do quarto 1 se encontra bastante acima da temperatura mínima exterior. Este acontecimento deve-se fundamentalmente à boa inercia térmica da habitação, que permite que esta reaja lentamente a mudanças bruscas de temperatura.

Relativamente ao quarto 2 e à casa de banho a comparação é idêntica, bem como a justificação, pois como vimos anteriormente os gráficos eram semelhantes. Analisámos então o quarto 1 uma vez que este era o único utilizado.

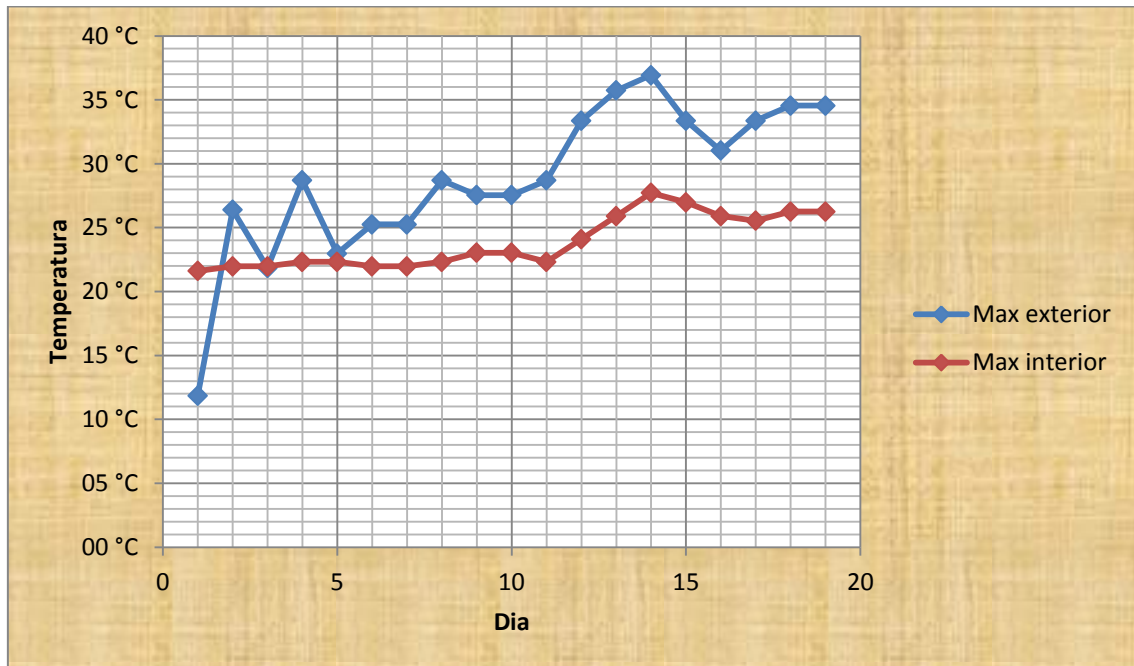


Gráfico 4.13-Comparação entre a temperatura máxima exterior e a temperatura máxima interior (quarto 1).

Como já vimos anteriormente, a temperatura na sala/cozinha é aproximadamente constante durante os primeiros 10 dias, o mesmo acontece relativamente ao quarto 1. Com o aumento brusco da temperatura exterior, a temperatura interior do quarto aumentou para níveis relativamente desconfortáveis, devido ao défice de ventilação. No entanto importa realçar que essas temperaturas foram atingidas durante o período da tarde, de maior calor, sendo que durante a noite esses valores baixaram para valores aceitáveis. À semelhança da temperatura mínima, a máxima é também semelhante nas restantes divisões.

Após a análise do comportamento térmico diário da habitação, ao longo dos 19 dias de medições, importa também analisar o seu desempenho nos dias mais críticos.

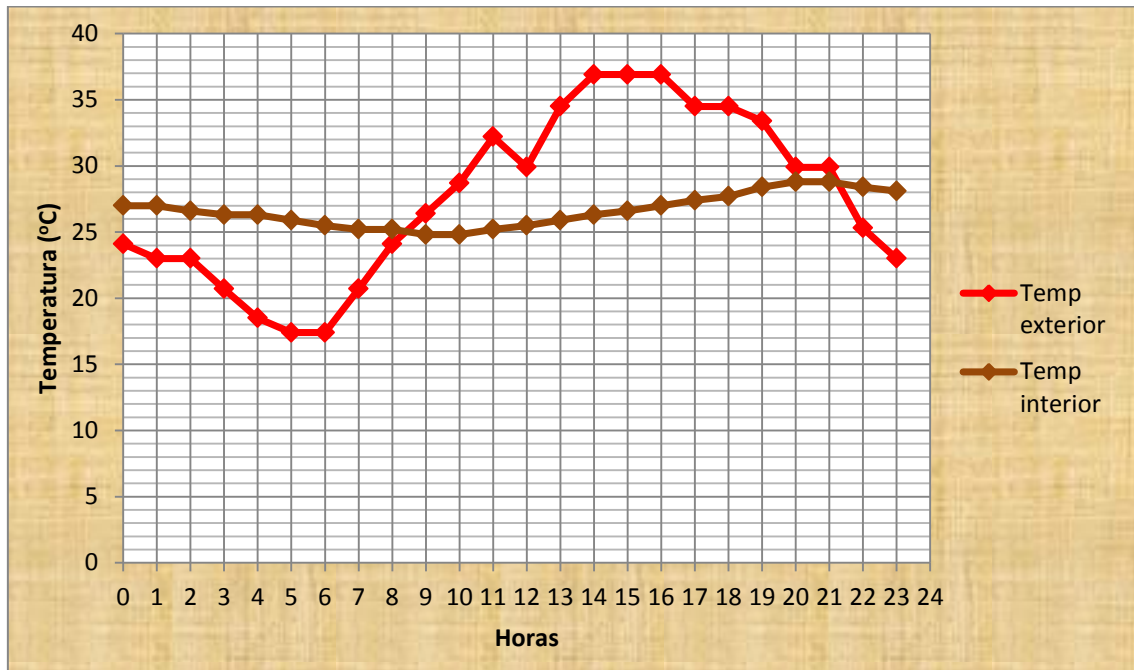


Gráfico 4.14-Evolução horária da temperatura no dia mais quente.

A temperatura máxima exterior teve origem no 14º dia das medições. Analisando o gráfico 4.14, correspondente ao dia de maior calor, verificamos que ocorreu uma variação de temperatura exterior de 20°C. Às 00h a temperatura era de 24°C, onde veio a decair, atingindo o seu mínimo às 5h. A partir das 6h a temperatura começou a aumentar, verificando-se um aumento aproximado de 3°C por hora. O pico de temperatura foi atingido às 14h (37°C) e manteve-se até às 16h, onde viria a cair gradualmente até aos 23°C às 23h.

Relativamente ao interior da habitação, como verificámos o comportamento térmico é aproximadamente igual em todas as divisões, como tal considerámos o espaço sala/cozinha uma vez que é onde os habitantes da casa passam o maior tempo durante o dia.

Tal como a temperatura exterior, a temperatura máxima interior também foi atingida no 14º dia. Como podemos ver no gráfico 4.14, às 00h a temperatura era de 27°C, vindo a decair aproximadamente 1°C a cada 3h. A temperatura mínima, 25°C, foi atingida às 9h. A partir das 10h a temperatura aumentou aproximadamente 0.5°C por hora, atingindo o valor máximo de 29°C às 20h e fixando-se nos 28°C às 23h.

Após esta análise, facilmente percebemos que para uma grande variação da temperatura exterior ocorreu uma pequena variação na sala/cozinha. Enquanto a temperatura exterior sofreu uma variação de 20°C a temperatura na sala/cozinha apenas variou 4°C ao longo do dia. É de notar que a temperatura no interior da habitação atinge o seu valor máximo a partir das 19h. Este facto, bem como a curta amplitude térmica, pode ser justificado

pela boa inércia térmica da habitação, onde ocorre um atraso, ou seja, a parede vai responder lentamente a uma brusca variação da temperatura.

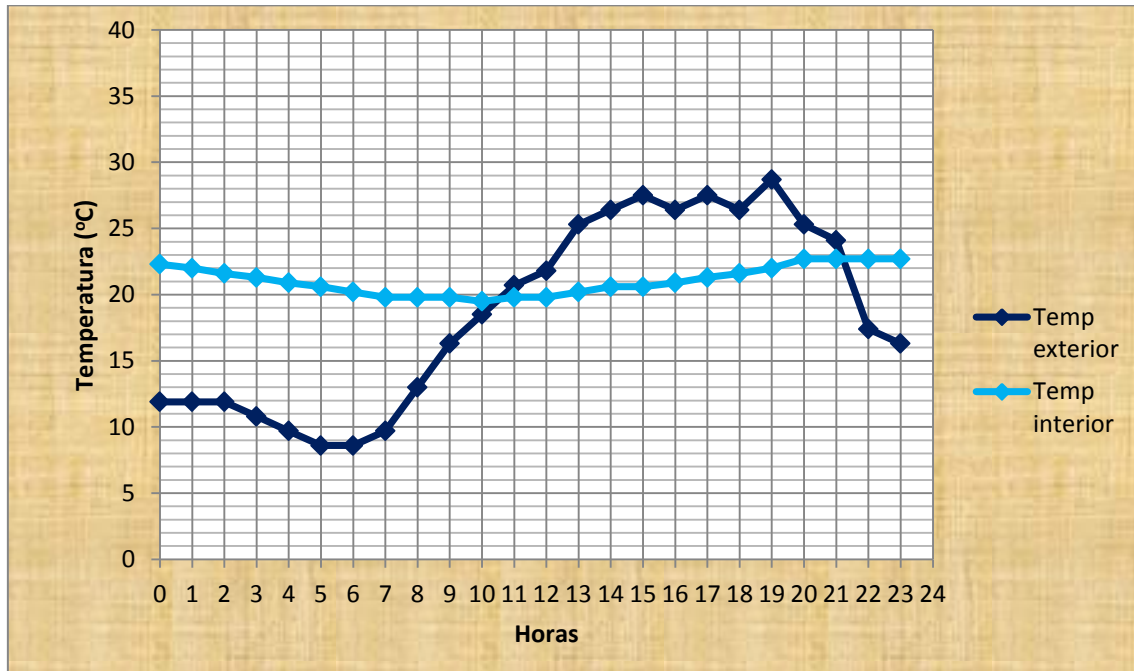


Gráfico 4.15-Evolução horária da temperatura no dia menos quente.

Durante o período de medições a temperatura atingiu o mínimo por três vezes, sendo esse valor de 9°C. O gráfico 4.15 corresponde ao 4º dia de medições.

Durante este dia ocorreu uma variação de temperatura de 20°C no exterior. No início do dia, às 00h a temperatura encontrava-se nos 12°C, decaindo a partir das 2h e atingindo o seu mínimo às 5h. Após as 6h a temperatura sobre gradualmente, chegando mesmo aos 29°C às 19h, onde voltaria a ter uma quebra fixando-se nos 16°C às 23h.

A temperatura mínima na sala/cozinha também ocorreu ao 4º dia. Às 00h a temperatura era de 22°C onde decresceu aproximadamente 0.5°C por hora, mantendo-se nos 20°C durante 3h (7h até às 9h). A temperatura mínima de 19°C foi atingida às 10h. De seguida ocorreu um aumento da temperatura fixando-se nos 23°C às 20h e mantendo-se constante até ao final do dia.

À semelhança da temperatura máxima, a habitação comporta-se da mesma forma relativamente à temperatura mínima. Podemos verificar no gráfico 4.15 que para uma grande amplitude térmica exterior, a temperatura na sala/cozinha variou pouco. Este acontecimento é devido à boa inércia térmica da habitação, onde para uma variação de temperatura de 3°C por hora no exterior, apenas ocorre uma variação de 0.3°C por hora no interior.

Temperatura média na habitação

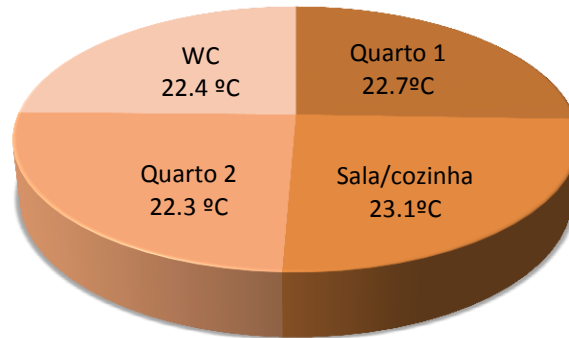


Gráfico 4.16-Temperatura média na habitação dos 19 dias de medição.

Ao analisarmos as médias diárias nas diferentes habitações, concluímos que ao longo dos 19 dias de medição a média nas diferentes divisões são as descritas no gráfico acima.

Facilmente se verifica que a média das temperaturas é praticamente constante em toda a habitação, sendo que a variação de temperatura não ultrapassa 1°C.

Após a análise dos gráficos, concluímos que a habitação apresenta uma boa inércia térmica, pois para uma grande variação da temperatura exterior houve uma baixa variação interior.

Aliado à boa inércia térmica da habitação uma ventilação natural melhorada seria suficiente para manter a casa com um gradiente de temperatura confortável.

Conclusões

É fundamental alterar a forma de construir em Portugal. Princípios como o isolamento, a inércia térmica, a orientação, a forma e até “detalhes” como a cor do revestimento dos edifícios têm absolutamente de merecer uma atenção muito especial por parte dos nossos arquitetos e engenheiros.

Deve-se apostar num bom isolamento, utilizando soluções inovadoras, dando especial relevo às caixilharias das janelas e à prevenção das pontes térmicas.

Justamente a promoção de uma boa ventilação deve ser sempre prioritária no nosso clima, visto que o jogo entre ventilação diurna e noturna, aliados a uma eficiente inércia térmica permitem resolver grande parte dos problemas de sobreaquecimento na estação quente.

Quanto à estação fria, o facto de um edifício estar bem isolado já é uma vantagem à partida. No entanto podem prever-se soluções, tais como paredes de trombe, que permitiriam tornar desnecessária a utilização de aquecimento artificial durante o Inverno.

Por fim é recomendável prever mecanismos de dissipação de calor no Verão tais como o arrefecimento evaporativo, isto claro, para além da ventilação eficiente já referida.

Um morador de uma casa sustentável contribui para que ainda exista vida para as gerações futuras uma vez que é um projeto que deixa o ambiente mais “limpo” e permite, ainda, que os gastos para sustentar uma habitação sejam menores no final do mês.

Como verificámos, as casas de madeira têm características, além da beleza natural, que lhe proporciona um conforto e segurança equiparável às habitações de alvenaria. Uma vez que a madeira é um material renovável, e não agressivo para o ambiente, juntamente com o facto de as habitações em madeira serem significativamente mais baratas, a aposta neste tipo de habitação deve merecer especial atenção.

Por último, relativamente ao caso de estudo, a habitação teve o comportamento esperado, não apresentando grandes variações de temperatura quando estimulada pelo aumento e diminuição acentuada da temperatura exterior. É de notar que a temperatura média no interior da habitação, durante os 19 dias, se manteve próximo dos 23°C, podendo ser considerado aceitável tendo em conta os dias de calor intenso a que esteve sujeita bem como a ventilação deficiente.

Apesar de não ter sido possível a experimentação com temperaturas mais frias, os resultados obtidos relativamente à estação quente permitiram eliminar a ideia inicial de que este tipo de habitação seria propícia ao efeito de estufa.

Juntando estes resultados com os restantes conceitos abordados e as técnicas bioclimáticas é possível ter uma habitação menos agressiva para o ambiente, quer a nível dos materiais de construção, quer a nível dos consumos energéticos.

Bibliografia

Aguiar J, Pinho A, Paiva V. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. Lisboa: INH/LNEC; 2006.

Amorim, C. (1998). *Desempenho Térmico de Edificações e Simulação Computacional no Contexto da Arquitectura Bioclimática*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

Barbosa, D. & Lima, M. (2010). *Arquitetura Bioclimática: Recomendações apropriadas para Palmas/To* (Pesquisa bibliográfica), Palmas, Brasil.

Batista, A. (2008). *Edifício auto-sustentável a nível energético e de águas*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Carlos, J. (2005). *Escolas do ensino básico “tipificadas” – Avaliação do seu desempenho térmico e propostas de intervenção*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Costa, J. (2008). *A evolução da Arquitectura Bioclimática: Contributo para a sustentabilidade arquitectónica e urbana*. Tese de Doutoramento, Universidade Portucalense Infante D. Henrique, Porto, Portugal.

Dinis, R. (2010). *Contributos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação*. Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Farinha, V. (2007). *Práticas de Projecto e Construtivas para a Construção Sustentável*. Actas do Congresso de Construção 2007.Coimbra

Gomes, J. (2010). *Tecnologias de construção associadas aos sistemas sustentáveis de produção de água quente e climatização em edifícios – Estado de Arte*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Gonçalves, Joana Carla Soares; Duarte, Denise Helena Silva. *Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projecto e Tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino*. Ambiente Construído ,Porto Alegre, v.6, n.4,2006, p.51-81.

Gonçalves, H.(2010). *Em direcção à energia zero* [Brochura].Portugal: Laboratório Nacional de Energia e Geologia [LNEG].

Gonçalves, H. e Graça, J. (2004). *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal* [Brochura]. Portugal: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação [INETI].

Lanham, A., Gama, P. e Braz, R. (2004). *Arquitetura Bioclimática – Perspectivas de inovação e futuro* [Seminários de Inovação]. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Lopes, N. (2006). *Reabilitação de caixilharias de madeira em edifícios do século XIX e início do século XX*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Mascarello, V. (2005). *Princípios bioclimáticos e Princípios de Arquitectura moderna-evidências no edifício hospitalar*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Mendonça, P. (2005). *Habitar sob uma segunda pele: Estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

Moita, F. (2011). *Energia Solar Passiva*. Lisboa: Argumentum

Neves, L. (2006). *Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de Ventilação Natural*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, Portugal.

Neves, S. (2011). *Arquitetura Bioclimática*. Trabalho desenvolvido na unidade curricular: Qualidade de Ambientes Interiores. Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, Portugal.

Ribeiro, J. (2007). *Reabilitação Bioclimática de Edifícios de Habitação de Construção mista, um caso de Estudo em Lisboa*. Dissertação de Mestrado, Lisboa, Portugal.

Romero, Marta Adriana Busto. *Arquitetura Bioclimática dos Espaços Públicos*. Brasília: Editora Universidade De Brasília, 2001.

Sacadura, F. (2011). *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Vaz, S. (2008). *Avaliação técnica e económica de casas pré-fabricadas em madeira maciça*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Viggiano, M. (2010). *Projectando com directrizes bioclimáticas* [artigo científico], Brasil

Webgrafia

Envolverde. *A importância da água: uma análise holística*. Recuperado em Março de 2012, de <http://envolverde.com.br/ambiente/agua/a-importancia-da-agua-uma-analise-holistica/>.

Vanessa Vicente ECV, Julho de 2010. *Telhado Verde*. Recuperado em Março de 2012, de http://vanessavicentee.blogspot.pt/2010_05_01_archive.html

Xella. *Inércia térmica*. Recuperado em Março de 2012, de <http://www.xellaus.com/html/esp/es/5499.php>.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *Diagrama do conforto Humano*. Recuperado em Março de 2012, de http://www.inmet.gov.br/html/clima/conforto_term/index.html.

Isolamentos Térmicos, Acústicos, interior e exterior. *Opções de isolamento térmico exterior, para casas existentes*. Recuperado em Março de 2012, de <http://isolamentos.net/opcoes-de-isolamento-termico-exterior-para-casas-existent/>.

LOTUSOL Building, Lda. *Caixilharias*. Recuperado em Abril de 2012, de <http://www.hotfrog.pt/Empresas/LOTUSOL-Building>.

Ranch HARAS CAMBARÁ - Projeto PensoVerde. *Telhado verde*. Recuperado em Abril de 2012, de <http://cambaratur.blogspot.pt/2012/03/garanta-sua-inscricao-no-curso-telhado.html>

Arquitectura e urbanismo. *Aproveitamento águas pluviais*. Recuperado em Abril de 2012, de http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007-1/pluviais/Topico4.htm

Casema. *Breve história sobre a madeira*. Recuperado em Abril de 2012, de www.casema.pt

Imowood. *Casas de Madeira*. Recuperado em Abril de 2012, de www.imowood.pt

Mykael Morais. *Pinturas em Casas de Madeira*. Recuperado em Abril de 2012, de www.pinturas-casas-medeira.blogspot.pt

Mitula Imóveis. *Casa de madeira nobre*. Recuperado em Maio de 2012, de www.imeveis.mitula.com.br

Ecomadeira. *Casa em madeira lamelada*. Recuperado em Abril de 2012, de www.ecomadeira.com

Casa do Bosque, Loja online. *Casa em pranchas de madeira*. Recuperado em Maio de 2012, de www.casasdobosque.pt

PORTUGAL - Gentes e Locais. *Distrito da Guarda*. Recuperado em Maio de 2012, de www.portugal-verdegaio.blogspot.pt

ConstruçãoSustentavel. *Construção sustentáveis* Recuperado em Junho de 2012, de www.construcaosustentavel.pt

Alumínios. Recuperado em Junho de 2012, de www.aluminios.com

Arquitetura sustentável. Onde a arquitetura design e meio ambiente se encontram. *Passo-a-passo para a construção de um telhado verde*. Recuperado em Junho de 2012, de www.arqsustentavel.wordpress.com

Carolina Trad Meirelles. *Arquitetura é música congelada*. Recuperado em Julho de 2012, de www.arquitetofaminto.blogspot.pt

Empatias Casas de Madeira, Lda. *Casas de madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de www.empatias-casasdemadeira.com

Máxima.Interiores. *Tudo sobre construção rápida*. Recuperado em Julho de 2012, de www.maximainteriores.xl.pt

RUSTICASA, Construções Lda. *Casas de madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de www.rusticasa.pt

EcoArkitekt. *Arquitetura Bioclimática – Construção Sustentável – Eficiência Energética*. Recuperado em Maio de 2012, de <http://www.ecoarkitekt.com/arquitetura-bioclimatica/arquitetura-bioclimatica/>

Mari Cecchini. *Dicas da Arquiteta*. Recuperado em Maio de 2012, de <http://colunistas.ig.com.br/dicasdaarquiteta/tag/conforto-termico/>

Wikipédia. Recuperado em Abril de 2012, de <http://pt.wikipedia.org/>

Jardinaria. *Telhado verde*. Recuperado em Maio de 2012, de <http://www.jardinaria.com.br/site/2011/08/telhado-verde/>

Engenheiro J.Renato. *Estratégias e Técnicas Bioclimáticas*. Recuperado em Maio de 2012 de, <http://www.jrrio.com.br/construcao-sustentavel/pb-estrategias-bioclimaticas.html>.

Portal São Francisco. *Arquitetura Bioclimática* .Recuperado em Abril de 2012, de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/arquitetura-bioclimatica/arquitetura-bioclimatica-4.php>

Portal de Extensão – UFAL *Aproveitamento das águas pluviais*. Recuperado em Abril de 2012, de http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007-1/pluviais/Topico4.htm

Agência Municipal de Energia de Sintra. *Isolamento Térmico e Sonoro*. Recuperado em Maio de 2012, de <http://www.ames.pt/site/pagina.asp?nome=isolamento§ion=19>

Fausto Simões. *Introdução a Arquitectura Bioclimática*. Recuperado em Abril de 2012, de <http://arquitectologia.org/Descs/Clifautl0.htm>

Wikienergia. *Sistema passivo de energia solar*. Recuperado em Abril de 2012, de http://wikienergia.com/~edp/index.php?title=Sistema_passivo_de_energia_solar.

Portal das Energias Renováveis. *Tecnologias: Passivas*. Recuperado em Maio de 2012, de http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=46&ID_area=8&ID_sub_area=26.

Ecocasa Portuguesa. *Ecocasa*. Recuperado em Maio de 2012, de <http://www.ecocasaportuguesa.blogspot.com>

Ecotelhado. Recuperado em Junho de 2012, de <http://ecotelhado.blog.br/?p=356>

Maidura. *Qualidade da madeira*. Recuperado em Junho de 2012, de <http://www.maidura.com>

Novo Habitat Casas de Madeira. *Casas de Madeira*. Recuperado em Junho de 2012, de <http://www.novohabitat.com.pt/cmadeira.html>

Tudo sobre Casas Pré-Fabricadas, Casas Modulares e Casas de Madeira. *Casas de madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de <http://casasprefab.blogspot.pt/2008/04/o-que-so-casas-pr-fabricadas.html>

Portal da Madeira. *Aspectos Técnicos e Curiosidades*. Recuperado em Julho de 2012, de <http://portaldamadeira.blogspot.pt/2009/10/propriedades-fisicas-da-madeira.html>

Casa Pré Fabricada. *Casas ecológicas de Madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de <http://www.casaprefabricada.org>

Arestalrusticos. *Casas de Madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de <http://www.arestalrusticos.pt/>

Casas de madeira Pré Fabricadas. *Desvantagens das casas de madeira*. Recuperado em Julho de 2012, de <http://www.casamadeira.net/desvantagens-das-casas-de-madeira/>

Publicações Legais e Normativas

Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril - Diário da República Electrónico. Regulamento do comportamento térmico dos edifícios [RCCTE]. Recuperado em Julho de 2012, de <http://dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24682513.pdf>.

Decreto-Lei Nº 79/2006, de 4 de Abril- Diário da República Electrónico. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios [RSECE]. Recuperado em Julho de 2012, de <http://dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24162468.pdf>.

Outros Documentos

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro – CCDRC. *O Distrito da Guarda em números*. Recuperado em Julho de 2012, de <https://www.ccdrc.pt/>

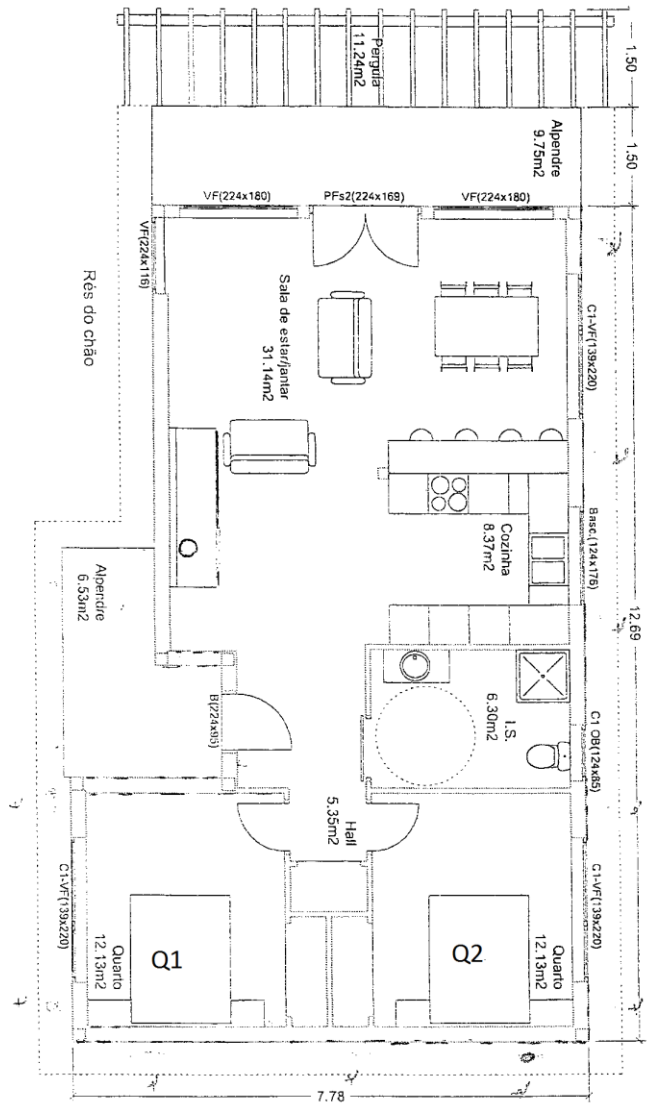
Folha de cálculo do *Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológicos em Ciências de Construção - ITeCons*.

Anexo I – Planta

(nota: a planta apresenta um ligeiro erro relativamente à escala em questão)



Área fechada res do chão 85,90m²
 Alpendre 16,28m²
 Pergula 11,24m²
 Área bruta 113,42m²



ESTUDO PRÉVIO

CRIADOR: **RUSTICASA**
 CLIENTE: **Luis Pedro Marques**
 CRIADOR: **Alexandre Silva**
 VERSÃO: **3**
 DATA: **Julho 02, 2009**
 ESCALA: **1:100**

Anexo II – Folhas de cálculo

LEVANTAMENTO DIMENSIONAL E DE SISTEMAS
(Cálculo de acordo com o Decreto-Lei n.º 80/2006)

Localização da fracção	Continente		
Distância à costa	Superior a 5 km		
Concelho	Guarda		
Local de implantação	Periferia de uma zona urbana ou zona rural		
Altitude	826.00 m		
Norte (N) ou Sul (S)?	Norte		
Tipo de ventilação?	Natural		
Cumprir NP 1037-1?	Não		
Qual a classe de caixilharia existente?	Sem classificação		
Existem caixas de estore por onde possam ocorrer infiltrações?	Não	Não	Qual a área de vãos envidraçados com caixa de estore?
Existem dispositivos de admissão de ar na fachada?	Não		
As portas exteriores estão bem vedadas?	Sim		

Tipo de edifício	Residencial	Unifamiliar ou Multifamiliar?	Unifamiliar	R/Chão
Tipologia da Fracção	T2			
N.º de Pisos da Fracção (excluindo caves e desvãos)	1			
Existe Informação válida sobre a Área útil de pavimento, Ap?	Sim	Ap =	85.90 m ²	

Tem cave aquecida?	Não	

Tem desvão útil?	Não	

Pé-direito médio da fracção, Pd =	2.69 m
-----------------------------------	--------

Ap =	85.90 m
------	---------

A solução construtiva garante a ausência de pontes térmicas planas na envolvente exterior?	Sim
--	-----

A solução construtiva garante a ausência de pontes térmicas planas na envolvente interior?	Sim
--	-----

Somatório dos desenvolvimentos da envolvente exterior em cada piso (excluindo caves e desvãos)	43.02 m
--	---------

Somatório dos desenvolvimentos da envolvente interior em cada piso (excluindo caves e desvãos)	
--	--

A fracção tem pavimento em contacto com o solo?	Não
---	-----

Inércia térmica da fracção	Média
----------------------------	-------

1.º Sistema de aquecimento	Caldeira a combustível sólido	Rendimento Conforme Anexo VIII da Nota Técnica?	Sim
		Idade do equipamento (anos)	entre 0 e 9
		Fracção das necessidades nominais de energia útil para aquecimento do edifício satisfeitas por este sistema (%):	100

1.º Sistema de arrefecimento	Sistema por defeito (arrefecimento)	



RESUMO DE RESULTADOS	
A_p (m ²)	85.90
P_d (m)	2.69
A_{env} (m ²)	26.85
Perdas associadas à envolvente exterior (W/°C) (da FCIV1a)	116.34
Perdas associadas à envolvente interior (W/°C) (da FCIV1b)	63.78
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores (W/°C) (da FCIV1c)	67.13
Perdas associadas à renovação de ar (W/°C) (da FCIV1d)	78.56
Ganhos úteis na estação de aquecimento (kW/ano) (da FCIV1e)	4163.52
N_{ic} (kWh/m ² .ano)	179.11
N_{ic} (kWh/ano) associado ao 1.º Sistema de Aquecimento	15385.33
N_{ic} (kWh/ano) associado ao 2.º Sistema de Aquecimento	
N_i (kWh/m ² .ano)	158.01
Perdas térmicas totais (Verão) (kWh) (da FCV1a)	3469.79
Ganhos solares pela envolvente opaca (Verão) (kWh) (da FCV1c)	455.72
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh) (da FCV1d)	2376.77
Ganhos internos (kWh) (da FCIV1e)	1006.06
N_{vc} (kWh/m ² .ano)	14.08
N_{vc} (kWh/ano) associado ao 1.º Sistema de Arrefecimento	1209.71
N_{vc} (kWh/ano) associado ao 2.º Sistema de Arrefecimento	
N_v (kWh/m ² .ano)	16.00
N_{ac} (kWh/m ² .ano)	-9.06
Contribuição de E_{solar} (kWh/ano)	804.00
Contribuição de E_{ren} (kWh/ano)	
Rendimento do 1.º sistema de preparação de AQS (%)	8900.00
N_a (kWh/m ² .ano)	41.30
Rendimento do 1.º sistema de aquecimento (%)	60.00
Fracção de N_{ic} coberta pelo 1.º sistema de aquecimento (%)	100.00
Rendimento do 1.º sistema de arrefecimento (%)	300.00
Fracção de N_{ic} coberta pelo 1.º sistema de arrefecimento (%)	100.00
N_{ic} (kgep/m ² .ano)	1.90
N_i (kgep/m ² .ano)	7.10
N_{ic}/N_i	($N_{ic}/N_i = 0.27$)
Classe Energética	A



Anexo III – Dados das medições

	Min	Max	Avg
06-07-2012	48,5 %RH	56,8 %RH	54,8 %RH
07-07-2012	53,4 %RH	57,8 %RH	56,1 %RH
08-07-2012	50,9 %RH	59,8 %RH	56,7 %RH
09-07-2012	50,9 %RH	58,8 %RH	56,8 %RH
10-07-2012	47,1 %RH	60,4 %RH	56,4 %RH
11-07-2012	50,0 %RH	60,4 %RH	57,2 %RH
12-07-2012	36,4 %RH	62,9 %RH	50,2 %RH
13-07-2012	44,3 %RH	54,9 %RH	51,3 %RH
14-07-2012	38,2 %RH	57,3 %RH	51,8 %RH
15-07-2012	30,6 %RH	50,5 %RH	44,5 %RH
16-07-2012	32,9 %RH	50,9 %RH	43,9 %RH
17-07-2012	31,1 %RH	49,0 %RH	41,4 %RH
18-07-2012	32,0 %RH	46,6 %RH	42,6 %RH
19-07-2012	26,7 %RH	49,5 %RH	42,9 %RH
20-07-2012	36,4 %RH	48,5 %RH	43,4 %RH
21-07-2012	39,6 %RH	49,0 %RH	44,4 %RH
22-07-2012	37,3 %RH	51,4 %RH	44,7 %RH
23-07-2012	36,9 %RH	45,7 %RH	41,0 %RH
24-07-2012	35,5 %RH	49,0 %RH	42,4 %RH

Tabela 1- Humidade interior

	Min	Max	Avg
06-07-2012	50,1 %RH	79,0 %RH	67,1 %RH
07-07-2012	60,3 %RH	80,6 %RH	71,5 %RH
08-07-2012	54,9 %RH	77,9 %RH	68,1 %RH
09-07-2012	59,3 %RH	81,2 %RH	72,3 %RH
10-07-2012	51,0 %RH	82,3 %RH	69,4 %RH
11-07-2012	58,8 %RH	76,8 %RH	69,1 %RH
12-07-2012	38,1 %RH	75,8 %RH	63,5 %RH
13-07-2012	49,1 %RH	80,6 %RH	62,9 %RH
14-07-2012	44,9 %RH	80,6 %RH	64,7 %RH
15-07-2012	47,3 %RH	76,8 %RH	65,1 %RH
16-07-2012	36,7 %RH	64,3 %RH	53,1 %RH
17-07-2012	36,7 %RH	59,8 %RH	46,8 %RH
18-07-2012	31,9 %RH	68,9 %RH	48,0 %RH
19-07-2012	26,3 %RH	55,9 %RH	42,8 %RH
20-07-2012	44,9 %RH	63,8 %RH	53,8 %RH
21-07-2012	48,2 %RH	67,4 %RH	60,8 %RH
22-07-2012	51,0 %RH	67,4 %RH	60,9 %RH
23-07-2012	42,2 %RH	66,9 %RH	57,6 %RH
24-07-2012	35,9 %RH	62,8 %RH	52,0 %RH

Tabela 2- Humidade exterior

	Min	Max	Avg
06-07-2012	10,8 °C	26,4 °C	17,5 °C
07-07-2012	11,9 °C	21,8 °C	16,3 °C
08-07-2012	8,6 °C	28,7 °C	18,6 °C
09-07-2012	11,9 °C	23,0 °C	16,9 °C
10-07-2012	10,8 °C	25,3 °C	17,0 °C
11-07-2012	9,7 °C	25,3 °C	17,0 °C
12-07-2012	8,6 °C	28,7 °C	19,0 °C
13-07-2012	11,9 °C	27,5 °C	19,3 °C
14-07-2012	11,9 °C	27,5 °C	18,8 °C
15-07-2012	8,6 °C	28,7 °C	19,6 °C
16-07-2012	13,0 °C	33,4 °C	22,6 °C
17-07-2012	16,3 °C	35,7 °C	26,5 °C
18-07-2012	17,4 °C	36,9 °C	27,7 °C
19-07-2012	16,3 °C	33,4 °C	24,6 °C
20-07-2012	14,0 °C	31,0 °C	21,1 °C
21-07-2012	15,1 °C	33,4 °C	23,6 °C
22-07-2012	16,3 °C	34,5 °C	25,1 °C
23-07-2012	16,3 °C	34,5 °C	25,2 °C
24-07-2012	18,5 °C	31,0 °C	22,7 °C

Tabela 3-Temperatura exterior

	Min	Max	Avg
06-07-2012	19,5 °C	23,0 °C	21,1 °C
07-07-2012	19,8 °C	22,3 °C	21,2 °C
08-07-2012	19,1 °C	23,7 °C	21,0 °C
09-07-2012	20,6 °C	23,4 °C	21,8 °C
10-07-2012	19,5 °C	22,7 °C	21,1 °C
11-07-2012	19,5 °C	22,7 °C	20,9 °C
12-07-2012	19,5 °C	23,4 °C	21,3 °C
13-07-2012	20,2 °C	23,7 °C	21,8 °C
14-07-2012	20,6 °C	23,4 °C	22,0 °C
15-07-2012	19,1 °C	23,4 °C	21,1 °C
16-07-2012	20,6 °C	25,5 °C	22,8 °C
17-07-2012	23,0 °C	27,4 °C	24,9 °C
18-07-2012	24,8 °C	28,8 °C	26,6 °C
19-07-2012	25,2 °C	28,1 °C	26,6 °C
20-07-2012	23,4 °C	26,6 °C	24,9 °C
21-07-2012	22,3 °C	26,6 °C	24,5 °C
22-07-2012	24,1 °C	27,4 °C	25,4 °C
23-07-2012	23,7 °C	28,1 °C	25,6 °C
24-07-2012	23,7 °C	31,1 °C	25,8 °C

Tabela 4- Temperatura Interior Sala/Cozinha

	Min	Max	Avg
06-07-2012	19,5 °C	22,0 °C	20,6 °C
07-07-2012	19,8 °C	22,0 °C	20,9 °C
08-07-2012	19,1 °C	22,3 °C	20,7 °C
09-07-2012	20,2 °C	22,3 °C	21,3 °C
10-07-2012	19,5 °C	22,0 °C	20,8 °C
11-07-2012	19,5 °C	22,0 °C	20,8 °C
12-07-2012	20,2 °C	22,3 °C	21,3 °C
13-07-2012	20,2 °C	23,0 °C	21,5 °C
14-07-2012	20,9 °C	23,0 °C	21,8 °C
15-07-2012	20,2 °C	22,3 °C	21,1 °C
16-07-2012	20,6 °C	24,1 °C	22,1 °C
17-07-2012	22,7 °C	25,9 °C	24,2 °C
18-07-2012	24,1 °C	27,7 °C	25,9 °C
19-07-2012	24,8 °C	27,0 °C	25,9 °C
20-07-2012	23,4 °C	25,9 °C	24,5 °C
21-07-2012	22,7 °C	25,5 °C	24,2 °C
22-07-2012	23,7 °C	26,3 °C	24,9 °C
23-07-2012	23,4 °C	26,3 °C	24,7 °C
24-07-2012	23,7 °C	29,9 °C	25,3 °C

Tabela 5 -Temperatura Interior Quarto 1

	Min	Max	Avg
06-07-2012	18,8 °C	21,6 °C	20,2 °C
07-07-2012	19,1 °C	21,6 °C	20,5 °C
08-07-2012	18,8 °C	22,0 °C	20,2 °C
09-07-2012	19,8 °C	22,0 °C	20,8 °C
10-07-2012	19,8 °C	21,6 °C	20,7 °C
11-07-2012	19,8 °C	21,6 °C	20,6 °C
12-07-2012	19,5 °C	22,0 °C	20,9 °C
13-07-2012	19,8 °C	22,7 °C	21,1 °C
14-07-2012	20,2 °C	22,3 °C	21,2 °C
15-07-2012	20,2 °C	22,0 °C	20,8 °C
16-07-2012	20,2 °C	23,4 °C	21,8 °C
17-07-2012	22,3 °C	25,2 °C	23,5 °C
18-07-2012	24,5 °C	27,4 °C	25,7 °C
19-07-2012	24,5 °C	26,6 °C	25,5 °C
20-07-2012	23,0 °C	25,5 °C	24,0 °C
21-07-2012	22,7 °C	25,2 °C	23,7 °C
22-07-2012	23,0 °C	25,5 °C	24,3 °C
23-07-2012	23,0 °C	25,9 °C	24,4 °C
24-07-2012	23,7 °C	30,3 °C	25,2 °C

Tabela 6 - Temperatura Interior Quarto 2

	Min	Max	Avg
06-07-2012	19,8 °C	21,3 °C	20,3 °C
07-07-2012	19,8 °C	21,3 °C	20,6 °C
08-07-2012	19,5 °C	22,0 °C	20,5 °C
09-07-2012	20,6 °C	22,3 °C	21,2 °C
10-07-2012	19,8 °C	22,0 °C	20,6 °C
11-07-2012	19,8 °C	22,0 °C	20,8 °C
12-07-2012	20,2 °C	22,3 °C	21,2 °C
13-07-2012	20,6 °C	22,7 °C	21,5 °C
14-07-2012	20,6 °C	22,7 °C	21,5 °C
15-07-2012	18,1 °C	22,0 °C	19,5 °C
16-07-2012	20,9 °C	24,1 °C	22,0 °C
17-07-2012	23,0 °C	25,9 °C	24,1 °C
18-07-2012	24,5 °C	25,9 °C	25,2 °C
19-07-2012	24,5 °C	26,6 °C	25,5 °C
20-07-2012	23,4 °C	25,5 °C	24,3 °C
21-07-2012	21,6 °C	24,8 °C	23,4 °C
22-07-2012	23,4 °C	26,3 °C	24,6 °C
23-07-2012	23,0 °C	26,3 °C	24,3 °C
24-07-2012	23,7 °C	29,9 °C	25,2 °C

Tabela 7- Temperatura Interior casa de banho

Horas	Humidade
00:01:00	54.9 %RH
01:01:00	57.3 %RH
02:01:00	57.8 %RH
03:01:00	59.3 %RH
04:01:00	60.9 %RH
05:01:00	60.9 %RH
06:01:00	61.4 %RH
07:01:00	60.9 %RH
08:01:00	59.8 %RH
09:01:00	55.8 %RH
10:01:00	52.4 %RH
11:01:00	52.9 %RH
12:01:00	54.9 %RH
13:01:00	51.9 %RH
14:01:00	43.8 %RH
15:01:00	40.5 %RH
16:01:00	40.5 %RH
17:01:00	38.7 %RH
18:01:00	47.6 %RH
19:01:00	37.3 %RH
20:01:00	37.3 %RH
21:01:00	36.4 %RH
22:01:00	41.9 %RH
23:01:00	45.7 %RH

Tabela 8-Humidade relativa máxima interior

Horas	Humidade
00:01:00	44.3 %RH
01:01:00	43.8 %RH
02:01:00	44.3 %RH
03:01:00	44.3 %RH
04:01:00	44.7 %RH
05:01:00	45.2 %RH
06:01:00	46.1 %RH
07:01:00	46.1 %RH
08:01:00	46.6 %RH
09:01:00	47.1 %RH
10:01:00	49.0 %RH
11:01:00	49.0 %RH
12:01:00	48.5 %RH
13:01:00	28.0 %RH
14:01:00	37.3 %RH
15:01:00	41.0 %RH
16:01:00	42.4 %RH
17:01:00	43.3 %RH
18:01:00	43.8 %RH
19:01:00	44.3 %RH
20:01:00	44.3 %RH
21:01:00	32.0 %RH
22:01:00	38.7 %RH
23:01:00	39.6 %RH

Tabela 9- Humidade relativa mínima interior

Horas	Humidade
00:01:00	75.8 %RH
01:01:00	77.4 %RH
02:01:00	75.8 %RH
03:01:00	76.3 %RH
04:01:00	76.8 %RH
05:01:00	78.5 %RH
06:01:00	80.6 %RH
07:01:00	75.8 %RH
08:01:00	77.9 %RH
09:01:00	75.2 %RH
10:01:00	72.1 %RH
11:01:00	70.5 %RH
12:01:00	70.0 %RH
13:01:00	65.9 %RH
14:01:00	59.3 %RH
15:01:00	52.0 %RH
16:01:00	57.3 %RH
17:01:00	56.9 %RH
18:01:00	61.8 %RH
19:01:00	60.3 %RH
20:01:00	67.9 %RH
21:01:00	65.9 %RH
22:01:00	67.4 %RH
23:01:00	70.5 %RH

Tabela10 - Humidade relativa máxima exterior

Horas	Humidade
00:01:00	32.8 %RH
01:01:00	38.1 %RH
02:01:00	38.1 %RH
03:01:00	31.9 %RH
04:01:00	30.2 %RH
05:01:00	34.1 %RH
06:01:00	31.5 %RH
07:01:00	39.9 %RH
08:01:00	46.8 %RH
09:01:00	51.0 %RH
10:01:00	49.6 %RH
11:01:00	48.7 %RH
12:01:00	45.4 %RH
13:01:00	55.9 %RH
14:01:00	53.0 %RH
15:01:00	46.3 %RH
16:01:00	42.6 %RH
17:01:00	46.8 %RH
18:01:00	52.0 %RH
19:01:00	46.3 %RH
20:01:00	41.7 %RH
21:01:00	40.8 %RH
22:01:00	42.6 %RH
23:01:00	46.8 %RH

Tabela 11-Humidade relativa mínima exterior

Horas	Temperatura
00:01:00	24.1 °C
01:01:00	23.0 °C
02:01:00	23.0 °C
03:01:00	20.7 °C
04:01:00	18.5 °C
05:01:00	17.4 °C
06:01:00	17.4 °C
07:01:00	20.7 °C
08:01:00	24.1 °C
09:01:00	26.4 °C
10:01:00	28.7 °C
11:01:00	32.2 °C
12:01:00	29.9 °C
13:01:00	34.5 °C
14:01:00	36.9 °C
15:01:00	36.9 °C
16:01:00	36.9 °C
17:01:00	34.5 °C
18:01:00	34.5 °C
19:01:00	33.4 °C
20:01:00	29.9 °C
21:01:00	29.9 °C
22:01:00	25.3 °C
23:01:00	23.0 °C

Tabela 12-Temperatura Máxima exterior

Horas	Temperatura
00:01:00	11.9 °C
01:01:00	11.9 °C
02:01:00	11.9 °C
03:01:00	10.8 °C
04:01:00	9.7 °C
05:01:00	8.6 °C
06:01:00	8.6 °C
07:01:00	9.7 °C
08:01:00	13.0 °C
09:01:00	16.3 °C
10:01:00	18.5 °C
11:01:00	20.7 °C
12:01:00	21.8 °C
13:01:00	25.3 °C
14:01:00	26.4 °C
15:01:00	27.5 °C
16:01:00	26.4 °C
17:01:00	27.5 °C
18:01:00	26.4 °C
19:01:00	28.7 °C
20:01:00	25.3 °C
21:01:00	24.1 °C
22:01:00	17.4 °C
23:01:00	16.3 °C

Tabela 13-Temperatura mínima exterior

Horas	Temperatura
00:01:00	27 °C
01:01:00	27 °C
02:01:00	26.6 °C
03:01:00	26.3 °C
04:01:00	26.3 °C
05:01:00	25.9 °C
06:01:00	25.5 °C
07:01:00	25.2 °C
08:01:00	25.2 °C
09:01:00	24.8 °C
10:01:00	24.8 °C
11:01:00	25.2 °C
12:01:00	25.5°C
13:01:00	25.9 °C
14:01:00	26.3 °C
15:01:00	26.6 °C
16:01:00	27 °C
17:01:00	27.4 °C
18:01:00	27.7 °C
19:01:00	28.4 °C
20:01:00	28.8 °C
21:01:00	28.8 °C
22:01:00	28.4 °C
23:01:00	28.1 °C

Tabela 14-Temperatura máxima sala/cozinha

Horas	Temperatura
00:01:00	22.3 °C
01:01:00	22.0 °C
02:01:00	21.6 °C
03:01:00	21.3 °C
04:01:00	20.9 °C
05:01:00	20.6 °C
06:01:00	20.2 °C
07:01:00	19.8 °C
08:01:00	19.8 °C
09:01:00	19.8 °C
10:01:00	19.5 °C
11:01:00	19.8 °C
12:01:00	19.8 °C
13:01:00	20.2 °C
14:01:00	20.6 °C
15:01:00	20.6 °C
16:01:00	20.9 °C
17:01:00	21.3 °C
18:01:00	21.6 °C
19:01:00	22.0 °C
20:01:00	22.7 °C
21:01:00	22.7 °C
22:01:00	22.7 °C
23:01:00	22.7 °C

Tabela 15-Temperatura mínima sala/cozinha