



Universidade do Porto
FEUP Faculdade de
Engenharia

EDIFÍCIOS VERDES: PRÁTICAS PROJECTUAIS ORIENTADAS PARA A SUSTENTABILIDADE

Celso Silva Ferreira da Costa

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de:

Mestre em Engenharia do Ambiente

Orientador: Professor Doutor Fernando Manuel Brandão Alves

Co-orientador: Arquitecta Joana Pinho

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2009/2010

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2009/2010 - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha mãe e irmãos
À minha namorada Sara
Aos meus tios David e Beatriz
Aos meus amigos

*Ser feliz não é conseguir o que deseja,
é desejar o que já possui*

Garth Brooks

AGRADECIMENTOS

Agradeço desde já a todos os que contribuíram de alguma forma para a realização desta dissertação. Passo a enumerar algumas dessas pessoas.

- A minha mãe por todo o apoio e preocupação que foi demonstrando ao longo deste ultimo ano e durante os 5 anos do curso;
- A Sara pelo apoio dado e por todos os bons momentos que me tem proporcionado ao longo dos últimos 4 anos;
- O pessoal do curso, grandes amigos que me tem apoiado muito e sem os quais não estaria neste momento na recta final do curso, sincero agradecimento;
- O professor Brandão Alves pela ajuda dada que contribuiu para que eu encontrasse o rumo a tomar na realização desta dissertação;
- A minha orientadora na SDC, a arquitecta Joana Pinho, pela disponibilidade e fornecimento de informação e ideias que muito contribuíram para a elaboração desta dissertação.

RESUMO

Com esta dissertação pretendeu-se demonstrar como a fase de planeamento e projecção de um edifício é importante em termos de sustentabilidade no que respeita à possibilidade de adopção de práticas e estratégias que minimizem o consumo de energia ao longo do ciclo de vida do edifício. Pretendeu-se mostrar a importância da envolvente do edifício na manutenção das condições de conforto interior sendo que as fachadas e coberturas correspondem aos pontos mais críticos de trocas energéticas entre o exterior e o interior.

O trabalho abrange o conceito de “Edifícios Verdes” e foca em especial as boas práticas projectuais e os sistemas de aproveitamento passivo da energia solar e do clima local de modo a criar condições de conforto para os habitantes/utilizadores dos edifícios. São também abordados alguns sistemas de aproveitamento activo da energia solar.

Em Portugal existe um sistema de avaliação voluntário da sustentabilidade da construção denominado LiderA. Para avaliar o desempenho da Soares da Costa em termos de sustentabilidade das suas construções procedeu-se à comparação de um empreendimento turístico considerado como um modelo a seguir e um empreendimento turístico da autoria da Soares da Costa. Os dois empreendimentos foram comparados segundo os critérios do sistema LiderA concluindo-se que a Soares da Costa, ainda que no bom caminho, pode melhorar bastante em termos de sustentabilidade das suas construções.

Por fim foram propostas algumas opções de melhoria das práticas usadas na Soares da Costa e referidos alguns exemplos de materiais alternativos aos mais frequentemente utilizados em construção civil.

Palavras-Chave: Edifícios Verdes, sustentabilidade, fachadas e coberturas, práticas projectuais, arquitectura bioclimática.

ABSTRACT

This dissertation was intended to demonstrate how the planning and projection of a building is important in terms of sustainability in relation to the possibility of adoption of practices and strategies to minimize the energy consumption over the lifecycle of the building. It was intended to show the importance of the building envelope in the maintenance of interior comfort conditions and the facades and roofs that match the most critical points of energy exchange between the exterior and interior.

The work covers the concept of "Green Buildings" and focuses in particular the good practices and the passive use systems of solar energy and the local climate in order to create comfortable conditions for the residents/users of buildings. It also refers some active use systems of solar energy.

In Portugal there is a voluntary evaluation system for sustainability in the building called LiderA. To evaluate the performance of Soares da Costa in terms of sustainability of their buildings it was made a comparison between a tourist building case as a role model and a tourist building case authored by Soares da Costa. The two projects were compared using the criteria of the system LiderA concluding that Soares da Costa, who still on track, could greatly improve in terms of sustainability of their buildings.

Finally some options were proposed to improve the practices used in Soares da Costa and listed some examples of alternative materials to the most frequently used in construction.

Keywords: Green Building, sustainability, facades and roofs, projectual practices, bioclimatic architecture.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1. A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS NA PERSPECTIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO, DE MATERIAIS E EMISSÕES DE CO₂ E OUTROS POLUENTES	3
1.1. PERDAS/CUSTOS ENERGÉTICOS E MATERIAIS ASSOCIADOS	3
1.2. EMISSÕES DE CO ₂ E OUTROS COMPOSTOS ASSOCIADAS	4
1.3. CICLO DE VIDA DE UM EDIFÍCIO – PONTOS CRÍTICOS DAS PERDAS DE ENERGIA E EMISSÕES NAS EDIFICAÇÕES	4
1.3.1. EM FASE DE CONCEPÇÃO	7
1.3.2. EM FASE DE EXECUÇÃO	8
1.3.3. EM FASE DE EXPLORAÇÃO	9
1.3.3.1. USO	9
1.3.3.2. MANUTENÇÃO	10
1.3.4. EM FASE DE FIM-DE-VIDA	11
1.4. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO–IMPORTÂNCIA DAS FACHADAS E COBERTURAS.....	11
2. EDIFÍCIOS VERDES – PRÁTICAS PROJECTUAIS E CONSTRUÇÃO ORIENTADAS PARA A SUSTENTABILIDADE	15
2.1. O CONCEITO DE “EDIFÍCIO VERDE”	16
2.2. PRINCIPAIS PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS COM ESTE CONCEITO	16
2.2.1. AMBIENTE	16
2.2.2. ENERGIA	16
2.2.3. QUALIDADE	17
2.2.4. DURABILIDADE	17
2.2.5. CUSTOS	17
2.3. PRINCIPAIS METAS/REQUISITOS NUM “EDIFÍCIO VERDE”	18
2.3.1. LOCALIZAÇÃO E EFICIÊNCIA NO DESENHO DO PROJECTO DO EDIFÍCIO.....	18
2.3.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO	19
2.3.3. EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA NO EDIFÍCIO	19
2.3.4. EFICIÊNCIA DOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO EDIFÍCIO	20
2.3.5. MELHORIA DA QUALIDADE AMBIENTAL NO INTERIOR DO EDIFÍCIO	21
2.3.6. OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO E OPTIMIZAÇÃO	22
2.3.7. REDUÇÃO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS	22
2.4. “ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA” OU “ARQUITECTURA SOLAR PASSIVA”	23

2.4.1. CONCEITOS/NOÇÕES BÁSICAS	26
2.4.1.1. ENERGIA SOLAR	26
2.4.1.2. POSIÇÃO SOLAR ANUAL	26
2.4.1.3. ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS	27
2.4.1.4. PERDAS E GANHOS TÉRMICOS	29
2.4.1.5. VENTILAÇÃO NATURAL	29
2.4.2. ZONAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL	29
2.4.3. SISTEMAS PASSIVOS NOS EDIFÍCIOS	33
2.4.3.1. AQUECIMENTO PASSIVO	33
2.4.3.1.1. SISTEMA DE GANHO DIRECTO	33
2.4.3.1.2. SISTEMA DE GANHO INDIRECTO	34
2.4.3.1.3. SISTEMA DE GANHO ISOLADO	35
2.4.3.2. ARREFECIMENTO PASSIVO	36
2.4.3.2.1. VENTILAÇÃO NATURAL	36
2.4.3.2.2. ARREFECIMENTO PELO SOLO	38
2.4.3.2.3. ARREFECIMENTO EVAPORATIVO	38
2.4.3.2.4. ARREFECIMENTO RADIATIVO	39
2.5. TECNOLOGIA SOLAR ACTIVA	39
2.5.1. SISTEMA SOLAR TÉRMICO	39
2.5.2. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	41
2.6. BOAS PRÁTICAS E BENEFÍCIOS INERENTES A UMA PRÁTICA PROJECTUAL ORIENTADA PARA A SUSTENTABILIDADE	43
2.6.1. INCIDÊNCIA SOLAR	43
2.6.2. GANHOS E PERDAS DE CALOR	43
2.6.3. ARREFECIMENTO POR VENTILAÇÃO	44
2.7. LIDERA – SISTEMA DE AVALIAÇÃO VOLUNTÁRIO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO	45
2.7.1. VERSÕES ANTERIORES DO SISTEMA LIDERA (V1.01 E V1.2)	46
2.7.2. LIDERA V2.0 (2009)	49
3. ANÁLISE DE UM CASO DE ESTUDO NA SOARES DA COSTA E COMPARAÇÃO COM UM CASO MODELO	51
3.1. CASO DE ESTUDO MODELO – HOTEL JARDIM ATLÂNTICO.....	51
3.2. CASO DE ESTUDO DA SOARES DA COSTA – HOTEL STAR INN	53
3.3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS DE ESTUDO	55
4. ALGUNS CONSELHOS PARA MELHORIA DAS PRÁTICAS PROJECTUAIS NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	57
4.1. SITUAÇÃO ACTUAL NO GRUPO SOARES DA COSTA	57
4.2. ALTERAÇÃO DE PRÁTICAS PROJECTUAIS NAS EMPRESAS EM GERAL	58
4.3. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS	58

4.3.1. PEDRA	59
4.3.2. PALHA	59
4.3.3. BAMBU	60
4.3.4. LENHA	60
4.3.5. TERRA BATIDA/TAIPA	61
4.3.6. PAPERCRETE	62
4.3.7. ADOBE	62
4.3.8. SERRADURA	63
4.3.9. TRASS	63
4.3.10. LINÓLEO	64
4.3.11. CORTIÇA	65
4.3.12. MATERIAIS RECICLADOS	65
4.4. INVESTIMENTO/RETORNO	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Ciclo de Vida de um produto	5
Fig. 2: Etapas da ACV descritas na ISO 14040, 2006	6
Fig. 3: Ciclo de Vida de um edifício	6
Fig. 4: Visão global dos fluxos de recursos, energia e emissões num edifício	7
Fig. 5: Entradas e saídas em fase de planeamento num edifício	8
Fig. 6: Entradas e saídas em fase de construção num edifício	8
Fig. 7: Entradas e saídas em fase de uso num edifício	10
Fig. 8: Entradas e saídas em fase de manutenção num edifício	10
Fig. 9: Entradas e saídas em fase de demolição num edifício	11
Fig. 10: Carta bioclimática de Baruch Givoni	24
Fig. 11: Percursos do sol ao longo de vários dias do ano	27
Fig. 12: Irradiação solar global em planos verticais: Lisboa (38,7º N)	27
Fig. 13: Incidência solar numa fachada orientada a Sul durante o Inverno	28
Fig. 14: Incidência solar numa fachada orientada a Sul durante o Verão	28
Fig. 15: Representação esquemática do sistema de ganho directo	34
Fig. 16: Representação esquemática do sistema de parede de Trombe	34
Fig. 17: Representação esquemática de um sistema de aproveitamento com estufa	35
Fig. 18: Representação esquemática do movimento do ar em termosifão. A – Inverno; B – Verão.	36
Fig. 19: Representação esquemática da ventilação simples: uma abertura (esq.), duas aberturas (dir.)	37
Fig. 20: Representação esquemática da ventilação transversal	37
Fig. 21: Chaminé solar	38
Fig. 22: Representação esquemática da Casa Solar Porto Santo – Arq. Gunther Ludewig	38
Fig. 23: Representação esquemática do balanço energético num colector térmico	39
Fig. 24: Algumas utilizações possíveis para sistemas solares térmicos	39
Fig. 25: Colector sem cobertura	40
Fig. 26: Colector de placa plana	40
Fig. 27: Colector de tubo de vácuo	40
Fig. 28: Rendimento comparativo entre os tipos de colectores térmicos referidos	41
Fig. 29: Funcionamento básico de uma célula fotovoltaica e esquema de associação de células fotovoltaicas	42

Fig. 30: Produção de electricidade a partir de painéis fotovoltaicos e utilizações possíveis	42
Fig. 31: Comparação da evolução dos rendimentos de várias tecnologias fotovoltaicas	42
Fig. 32: Visão geral do sistema LiderA	45
Fig. 33: LiderA v1.01 e v1.2 (2005)	46
Fig. 34: LiderA v2.0 (2009)	49
Fig. 35: Hotel Jardim Atlântico	51
Fig. 36: Hotel Star Inn	53
Fig. 37: A – Construções com lajes de pedra; B – Fragmentos de rocha; C – Igreja construída com pedra calcária.	59
Fig. 38: Construção de uma parede com fardos de palha	60
Fig. 39: Construção de uma casa em bambu	60
Fig:40: Paredes construídas com enchimento de lenha e restos de madeira	61
Fig. 41: A – Muralha antiga em taipa; B – Parede em taipa; C – Muralha da China construída em taipa; D – Modelo de construção de uma parede em taipa.	61
Fig. 42: A – Blocos de papercrete; B – Casas construídas com papercrete.	62
Fig. 43: Paredes construídas com blocos de adobe	63
Fig. 44: Serradura de Madeira	63
Fig. 45: Parede feita com trass	64
Fig. 46: A – Pavimento em linóleo dos anos 50; B – Pavimento em linóleo recente; C – Placas de linóleo de várias cores.	64
Fig. 47: A – Cortiça extraída de Sobreiros; B – Cortiça já processada em vários formatos.	65
Fig. 48: A – Casa construída totalmente com materiais reciclados ou reaproveitados; B – Tábuas de plástico reciclado; C – Janelas e portas recuperadas; D – Pneus usados com potencial de reciclagem.	66
Fig. 49: Volker Hartkopf	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Principais actividades, materiais e impactes associados à construção de um edifício comum	9
Tabela 2: Estratégias bioclimáticas associadas às diferentes zonas climáticas	25
Tabela 3: Zonas climáticas I ₁ -V ₁ , I ₁ -V ₂ e I ₁ -V ₃ definidas no RCCTE	30
Tabela 4: Zonas climáticas I ₂ -V ₁ , I ₂ -V ₂ e I ₂ -V ₃ definidas no RCCTE	31
Tabela 5: Zonas climáticas I ₃ -V ₁ , I ₃ -V ₂ e I ₃ -V ₃ definidas no RCCTE	32
Tabela 6: Classes de desempenho ambiental LiderA	45
Tabela 7: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v1.01	47
Tabela 8: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v1.2	48
Tabela 9: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v2.0	50
Tabela 10: Perfil ambiental das medidas implementadas no Hotel Jardim Atlântico	53
Tabela 11: Perfil ambiental das medidas implementadas no Hotel Star Inn	54
Tabela 12: Critérios abrangidos pelos dois empreendimentos	55

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A construção de edifícios constitui o principal indicador da civilização e da vida humana em sociedade. É uma das principais características do ser humano já desde o tempo das cavernas, aproveitadas para abrigo de condições atmosféricas e de outros animais.

Hoje em dia as pessoas, principalmente nas grandes cidades, passam cerca de 80-90% do seu dia dentro de edifícios ^{[1] [2] [3]}, seja a trabalhar, em lazer ou na privacidade do seu lar. O escasso tempo que passam fora de edifícios é passado em viagens de um edifício para outro muitas vezes dentro de um carro ou autocarro.

Torna-se então necessário criar condições de conforto a vários níveis no interior dos edifícios, seja a nível térmico, a nível acústico, a nível de iluminação ou ao nível da qualidade do ar interior. Isto requer, quase sempre, grandes quantidades de energia (proveniente de fontes não renováveis) o que se vai traduzir nas facturas mensais e nos impactes ambientais relacionados com a produção dessa mesma energia.

Actualmente os edifícios são responsáveis por uma parte muito significativa da utilização de energia, materiais e outros recursos. O seu impacte ambiental faz-se sentir a vários níveis durante as diferentes etapas do ciclo de vida do edifício.

Num mundo actualmente preocupado com o meio ambiente e em busca de um desenvolvimento sustentável urge procurar soluções que aumentem a eficiência e conforto dos edifícios e diminuam a energia necessária para o efeito.

Surge o conceito de “Edifício Verde” que se define como um edifício que produz o menor impacte possível no ambiente. A poupança de energia e água bem como a produção de menor quantidade de emissões (sólidas, líquidas ou gasosas) e melhor tratamento das mesmas são metas a atingir para que se possa designar um edifício de “verde”, ambientalmente correcto ou sustentável.

Neste contexto tem surgido uma nova perspectiva no que respeita à projecção e construção de edifícios e sua relação com o meio envolvente. A arquitectura bioclimática surge como uma forma de planear edifícios tendo em conta as necessidades de conforto dos habitantes/utilizadores, o clima do local onde se vai construir e a aplicação de boas práticas projectuais que permitem aumentar a eficiência no aproveitamento das fontes de energia naturais, diga-se o sol e o vento.

A arquitectura bioclimática tem como prioridade a envolvente do edifício, isto é, as fachadas e coberturas, como fronteiras entre o edifício e o meio ambiente exterior. As fachadas e coberturas permitem trocas energéticas entre o interior e o exterior pelo que

devem merecer especial atenção no momento do seu planeamento. As fachadas e coberturas têm uma relação íntima com o clima e devem ser construídas de acordo com determinadas regras que variam conforme as características climáticas do local.

O principal objectivo da arquitectura bioclimática é reduzir a quantidade de energia necessária para criar conforto no interior dos edifícios, recorrendo, para tal, à aplicação de sistemas passivos de aquecimento e arrefecimento directamente relacionados com o aproveitamento solar e a ventilação natural.

No contexto dos “Edifícios Verdes” para muito tem contribuído as novas tecnologias, nomeadamente os sistemas de aproveitamento activo da energia solar. Os sistemas solares térmicos e os sistemas solares fotovoltaicos são um passo muito importante para alcançar a independência energética dos edifícios e, assim, a sustentabilidade ambiental dos mesmos.

Para avaliar a sustentabilidade dos edifícios há necessidade de criar sistemas de certificação acreditados que tenham critérios padronizados de avaliação que abrangem várias áreas do ambiente onde os edifícios têm impacto. Neste trabalho será referido o sistema LiderA, um sistema de avaliação voluntário da sustentabilidade da construção.

Neste trabalho, para além duma visão geral da construção de edifícios em relação ao consumo de materiais e energia e à emissão de desperdícios nas várias fases do ciclo de vida do edifício, faz-se também uma abordagem mais alargada sobre o conceito de “Edifício Verde”, as práticas relacionadas com este conceito e a importância da envolvente do edifício (fachadas e coberturas) na promoção das condições de conforto interior desejadas.

Serão abordados dois casos de estudo, um caso certificado pelo sistema LiderA e classificado como Classe A, e outro caso da autoria do grupo Soares da Costa.

Por último serão propostas algumas medidas de melhoria das práticas utilizadas na SDC e referidos alguns materiais naturais ou reciclados alternativos aos normalmente usados na construção de edifícios.

1. A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS NA PERSPECTIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO, DE MATERIAIS E EMISSÕES DE CO₂ E OUTROS POLUENTES

A construção de um edifício pressupõe, à partida, a criação de uma obra não natural num determinado local que será perturbado pela construção da mesma. O local onde é construído um edifício determina a qualidade e quantidade dos impactes ambientais que aí se vão verificar.

Assim como o local da construção, os materiais usados na mesma são de grande importância no que respeita aos impactes associados aos mesmos em toda a cadeia que vai desde a sua prospecção, extracção, tratamento/processamento e transporte até ao local onde serão usados.

Pode-se analisar e quantificar os diferentes tipos de impacte de acordo com diversas perspectivas tais como: a ocupação de um espaço natural e conseqüente interferência no ecossistema local; a captação, transformação e utilização das matérias-primas e energia necessárias à construção do edifício; e a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos quer na fase da sua construção, na fase de utilização propriamente dita e na fase de tratamento de fim de vida, quer seja demolido ou reaproveitado para outro fim. ^[4]

1.1. PERDAS/CUSTOS ENERGÉTICOS E MATERIAIS ASSOCIADOS

Segundo dados do Green Building Committee of the American Society of Healthcare Engineering – ASHE para a economia norte Americana, a construção e manutenção de edifícios consome anualmente cerca de 3 biliões de toneladas de matérias-primas entre as quais: 40% da pedra, cascalho, areia e aço; 25% da madeira; 40% dos recursos energéticos; 75% do PVC e 17% da água potável. ^[4]

Comparando com dados do governo americano, a construção e manutenção de edifícios representa 39% do uso de energia, 12% do uso de água, 68% do uso de electricidade, 38% das emissões de CO₂ e 60% dos resíduos não industriais. ^[4]

Segundo dados de GARDNER e SAMPAT (1999) para a economia mundial no ano de 1995, foram injectados cerca de 10 biliões de toneladas de materiais incluindo: minerais, metais, madeira e derivados, materiais sintéticos industriais e de construção. Este valor poderia duplicar se fosse considerado todo o material que nunca chegou a entrar na economia, tendo ficado em minas, escombrelas e como resíduos nas fundições. Associado à extracção das matérias-primas estão também emissões de gases, principalmente os gases com efeito de estufa (CO₂ principalmente). ^[4]

Segundo dados da QUERCUS para a economia mundial, a construção de edifícios absorve metade dos recursos materiais mundiais, nos quais, 45% da energia, 40% da água, 60% do solo, e 70% da madeira. ^[1]

1.2. EMISSÕES DE CO₂ E OUTROS COMPOSTOS ASSOCIADAS

Segundo dados do Green Building Committee of the American Society of Healthcare Engineering – ASHE para a economia norte Americana, a construção e manutenção de edifícios produz anualmente, entre 25-40% dos resíduos sólidos urbanos (provenientes da construção e demolição), 50% das emissões de CFC's, 30% das emissões de CO₂ bem como a emissão de outras substâncias tóxicas. ^[4]

1.3. CICLO DE VIDA DE UM EDIFÍCIO – PONTOS CRÍTICOS DAS PERDAS DE ENERGIA E EMISSÕES NAS EDIFICAÇÕES

Como já foi referido anteriormente, a construção de edifícios é o sector da economia que requer maior quantidade de recursos, contribuindo, assim, para a sobreexploração e consequente esgotamento dos mesmos, principalmente dos recursos não renováveis; por outro lado gera também grandes quantidades de resíduos que carecem de tratamento/acondicionamento.

Actualmente fala-se muito em desenvolvimento sustentável, isto é, crescimento no presente com garantias no futuro. Desenvolvimento sustentável define-se como o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais. (Relatório Brundtland, 1987).

Numa perspectiva de desenvolvimento sustentável desenvolveram-se diversas ferramentas de decisão ambiental, entre as quais a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, tendo como principal objectivo a prevenção da poluição e minimização dos impactes de um determinado produto ou serviço no ambiente. Este tipo de ferramentas são aplicadas quando se pretende tomar uma decisão de modo a equacionar todas as variáveis e possibilidades de redução do impacte ambiental.

Esta ferramenta parte do princípio de que um produto existente no mercado passa por um determinado conjunto de processos que incluem o design do produto, a extração e processamento de matérias-primas, a produção do produto em si, passando pela sua distribuição, a sua utilização, e por fim a sua rejeição. Todos estes processos do ciclo de vida de um produto consomem recursos e energia e tem diversas emissões que causam diferentes impactes no ambiente. ^[5]

A figura 1 ilustra os processos envolvidos no ciclo de vida de um qualquer produto.

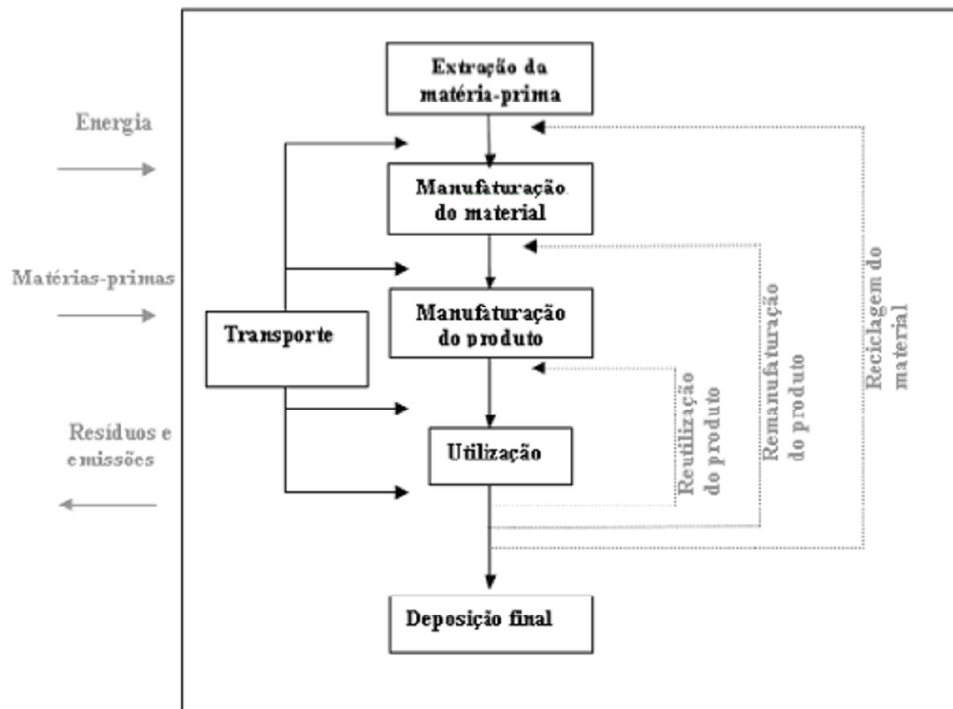


Fig. 1: Ciclo de Vida de um produto ^[5]

As normas técnicas definem as metodologias e procedimentos de muitas ferramentas permitindo uma homogeneidade na aplicação das mesmas nos diferentes países, possibilitando uma comparação credível.

Tal como muitas outras ferramentas de decisão ambiental a ACV encontra-se normalizada. A norma ISO 14040 define os requisitos e linhas de orientação para a aplicação da ACV a um produto ou serviço.

A ACV é uma ferramenta com um procedimento bastante complexo e demorado, pelo que não me irei alongar neste ponto visto não ser este o tema principal deste trabalho. Assim, pode ver-se de forma esquemática as etapas para a ACV de um produto ou serviço descritas na ISO 14040 (figura 2).

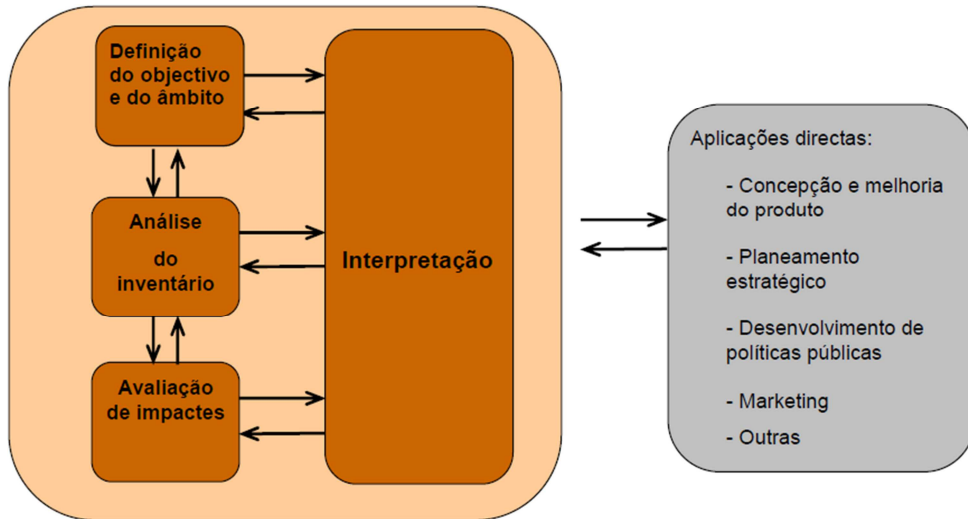


Fig. 2: Etapas da ACV descritas na ISO 14040, 2006 ^[6]

O uso da ACV no caso particular da construção civil permite:

- Avaliar os materiais de construção possibilitando a escolha de produtos mais eficientes;
- Proceder à rotulagem ambiental dos edifícios;
- Apoiar outras ferramentas computacionais de auxílio aos projectos;
- Elaborar instrumentos de apoio aos projectistas;
- Avaliar ambientalmente os edifícios.

Para avaliar ambientalmente um edifício utilizando a ACV será necessário recolher informação acerca dos fluxos de recursos e emissões existentes durante as fases do ciclo de vida do edifício. Estas fases estão ilustradas na figura 3.

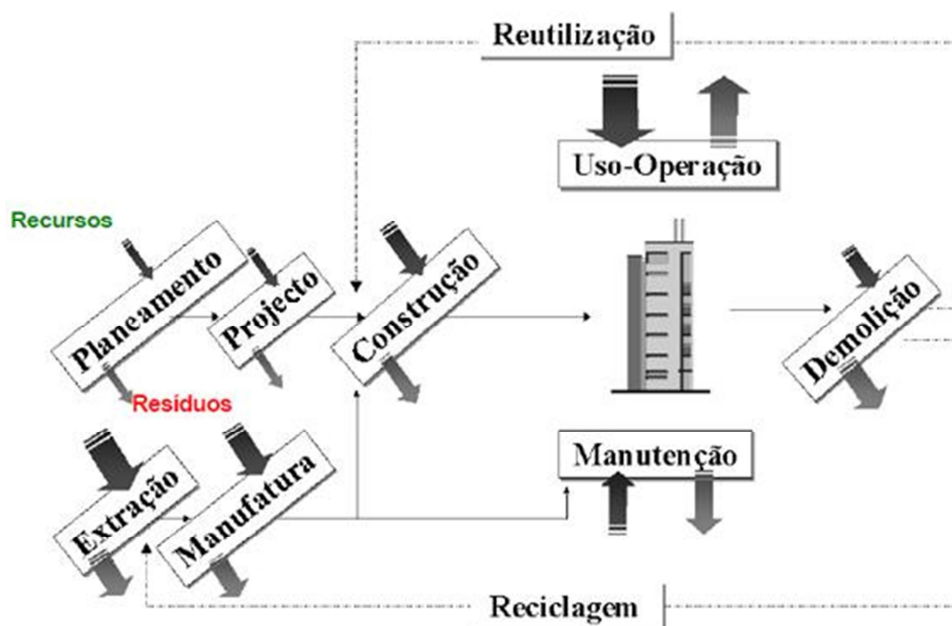


Fig. 3: Ciclo de Vida de um edifício ^[7 adaptado]

Apesar do âmbito de estudo ser mais alargado, como se vê na figura 3, será objecto de estudo apenas uma parte do ciclo de vida de um edifício, de acordo com os interesses deste trabalho. Assim, serão consideradas as fases de Projecto, Construção, Uso/Manutenção e Demolição, sendo excluídos, para efeitos deste trabalho, a Extracção de matérias-primas bem como o seu Processamento e a Reciclagem/Reutilização de materiais de demolição.

A figura 4 ilustra os fluxos de materiais/energia e as emissões/resíduos nas várias fases do ciclo de vida de um edifício, numa visão global.

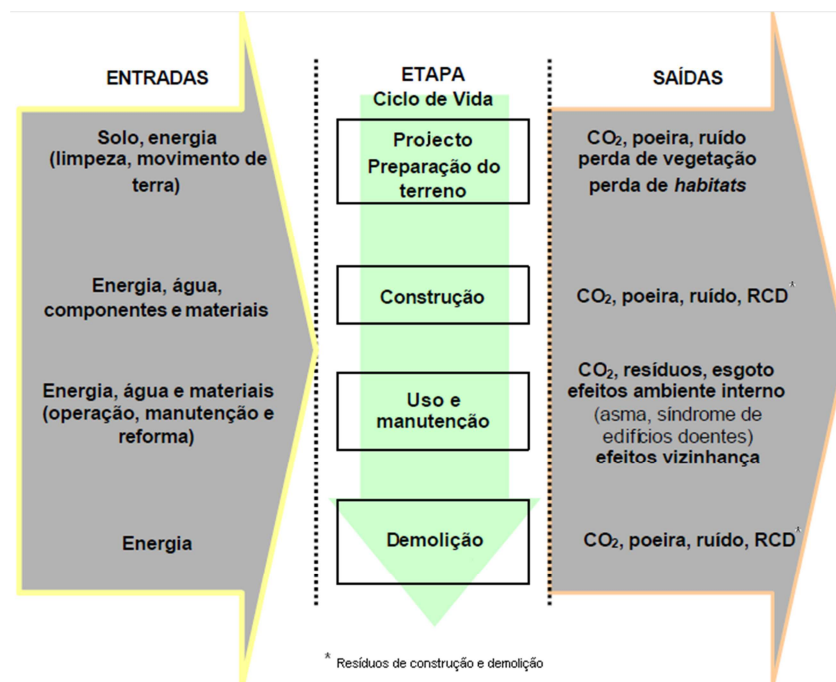


Fig. 4: Visão global dos fluxos de recursos, energia e emissões num edifício ^[7]

1.3.1. EM FASE DE CONCEPÇÃO

Na fase de concepção ou planeamento fazem-se estudos de viabilidade física, económica e financeira, projecta-se o edifício e prepara-se o local onde vai ser construído ^[8]. Esta fase corresponde possivelmente à fase mais importante do ciclo de vida dum edifício, em termos ambientais, pois é quando se define o que se vai fazer e se projecta, bem ou mal, podendo fazer-se aqui toda a diferença em termos de eficiência do edifício e em termos de consumo de recursos e energia gasta nas fases posteriores.

A figura 5 ilustra as entradas de recursos e energia e as saídas de emissões bem como outras variáveis como aspectos legislativos e outros requisitos específicos, durante a fase concepção/planeamento de um edifício.

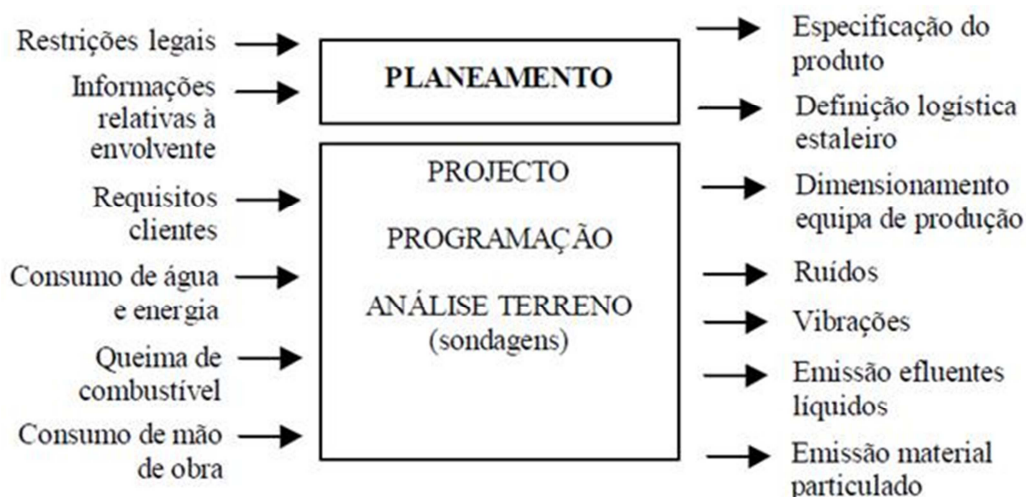


Fig. 5: Entradas e saídas em fase de planeamento num edifício ^[8 adaptado]

1.3.2. EM FASE DE EXECUÇÃO

Esta fase corresponde à construção real do edifício e corresponde à fase de maior consumo de recursos materiais. Nesta etapa põe-se em prática o que tinha sido projectado, bem ou mal, na etapa de concepção pelo que mais uma vez é de salientar a importância do projecto em todo o ciclo de vida do edifício.

A figura 6 ilustra as entradas de recursos e energia e as saídas de emissões durante a fase execução/construção de um edifício.



Fig. 6: Entradas e saídas em fase de construção num edifício ^[8 adaptado]

Durante a construção de um edifício decorrem diversas actividades que requerem materiais diferentes e produzem vários tipos de impacte no ambiente. Na tabela 1 estão

descritos algumas destas actividades, materiais e impactes para uma hipotética construção em alvenaria num terreno não edificado ^[4].

Tabela 1: Principais actividades, materiais e impactes associados à construção de um edifício comum ^[4]

Fase da construção	Actividade/Principais materiais	Principais Impactos Ambientais
<i>Preparação do terreno</i>	Corte da cobertura vegetal	Interferência no ecossistema local
	Transporte e disposição do material retirado	Geração de resíduos
	Nivelamento do terreno	Emissões de GEE*
	Transporte e recepção/disposição de material	Esgotamento de RNNR Perda de capacidade de absorção de GEE Redução de áreas para recepção de resíduos
<i>Fundações, tubulações de água, esgoto e drenagem do terreno</i>	Cimento, pedra, areia, aço, água, tijolo, PVC, adesivos, impermeabilizantes	Esgotamento de RNNR** Emissão de GEE Emissão de COV's perigosos Consumo de RNR***
<i>Paredes, vigamentos e telhado</i>	Cimento, pedra, areia, aço, madeira, cerâmica	Esgotamento de RNNR Emissão de GEE Consumo de RNR
<i>Partes eléctrica, hidráulica e de esgotamento</i>	PVC, cobre, alumínio, ferro, adesivos, isolantes	Esgotamento de RNNR Emissão de GEE Emissão de COV's perigosos Consumo de RNR
<i>Acabamentos</i>	Gesso, cimento, areia, pedra, madeira, PVC, tintas, impermeabilizantes, louças, metais, vidro, cerâmicas, alumínio, plásticos	Esgotamento de RNNR Emissão de GEE Emissão de COV's perigosos Consumo de RNR

*GEE: Gases com Efeito de Estufa

**RNNR: Recursos Naturais Não Renováveis

***RNR: Recursos Naturais Renováveis

1.3.3. EM FASE DE EXPLORAÇÃO

Esta fase pode ser dividida em duas situações diferentes: o uso propriamente dito pelos moradores ou utilizadores do edifício; e a manutenção de sistemas, equipamentos ou estruturas do edifício feita pontualmente quando há necessidade.

1.3.3.1. USO

Esta etapa corresponde à ocupação/utilização do edifício pelos seus habitantes/utilizadores que fazem uso do mesmo para o fim que lhe foi conferido, quer seja um edifício habitacional, comercial, etc.

A figura 7 ilustra as entradas de recursos e energia e as saídas de emissões durante a fase uso/ocupação de um edifício.

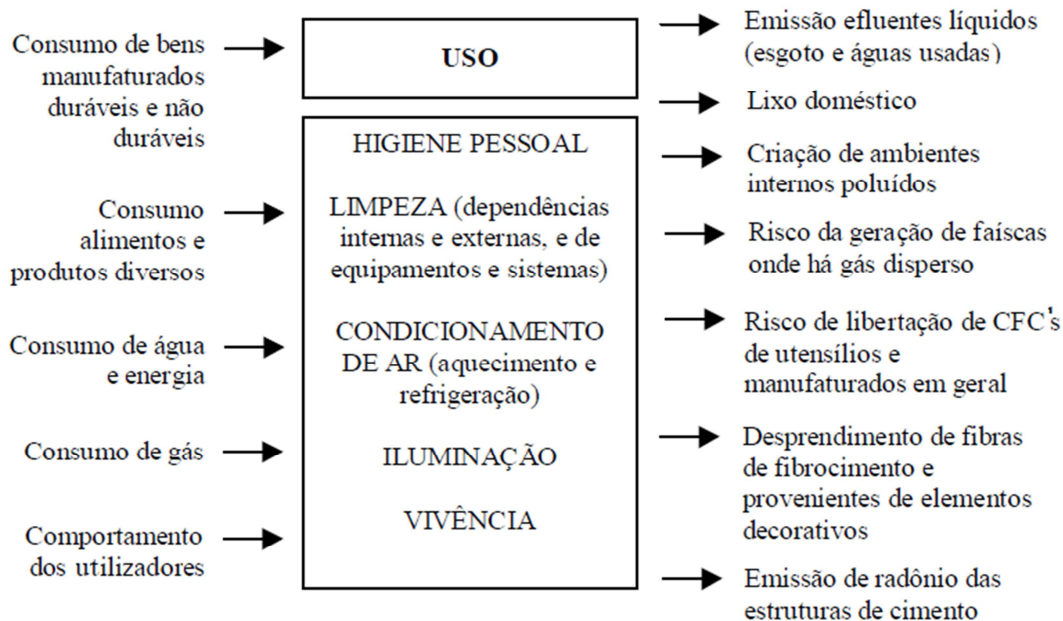


Fig. 7: Entradas e saídas em fase de uso num edifício ^[8 adaptado]

1.3.3.2. MANUTENÇÃO

Esta fase decorre em conjunto com a utilização e corresponde à necessidade de substituições, reparações ou alterações em diversos componentes, equipamentos ou sistemas do edifício por estarem danificados ou por terem chegado ao seu fim-de-vida útil. Pode também haver necessidade de modernização ou reabilitação de partes do edifício e/ou da sua estrutura ^[8].

A figura 8 ilustra as entradas de recursos e energia e as saídas de emissões durante a fase manutenção de um edifício.

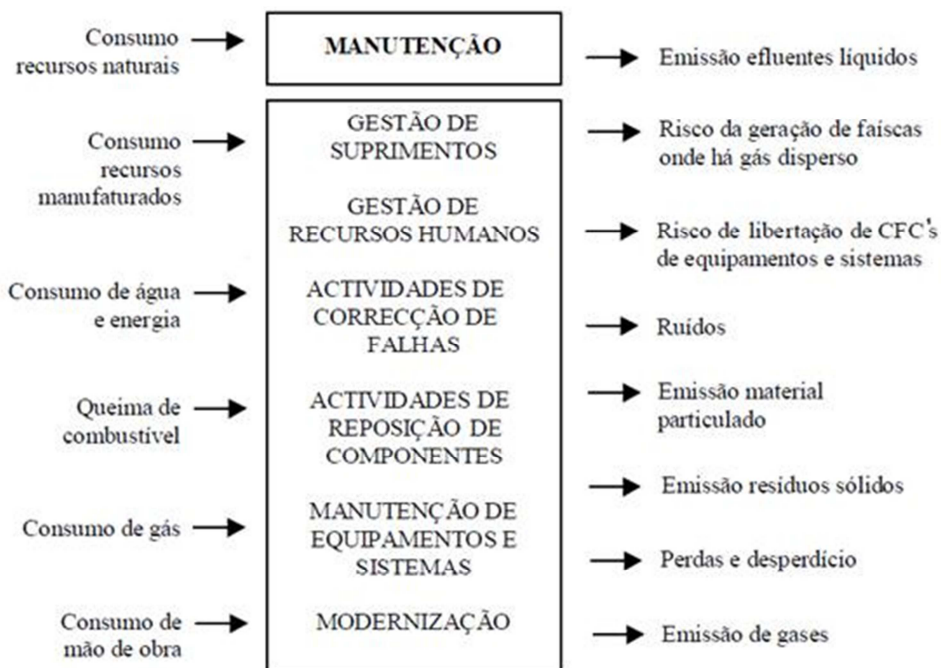


Fig. 8: Entradas e saídas em fase de manutenção num edifício ^[8 adaptado]

1.3.4. EM FASE DE FIM-DE-VIDA

Corresponde à destruição/desmantelamento do edifício quando deixa de ter a utilidade para a qual foi construído ou quando já não oferece garantias de segurança para os utilizadores.

A figura 9 ilustra as entradas de recursos e energia e as saídas de emissões durante a fase demolição de um edifício.

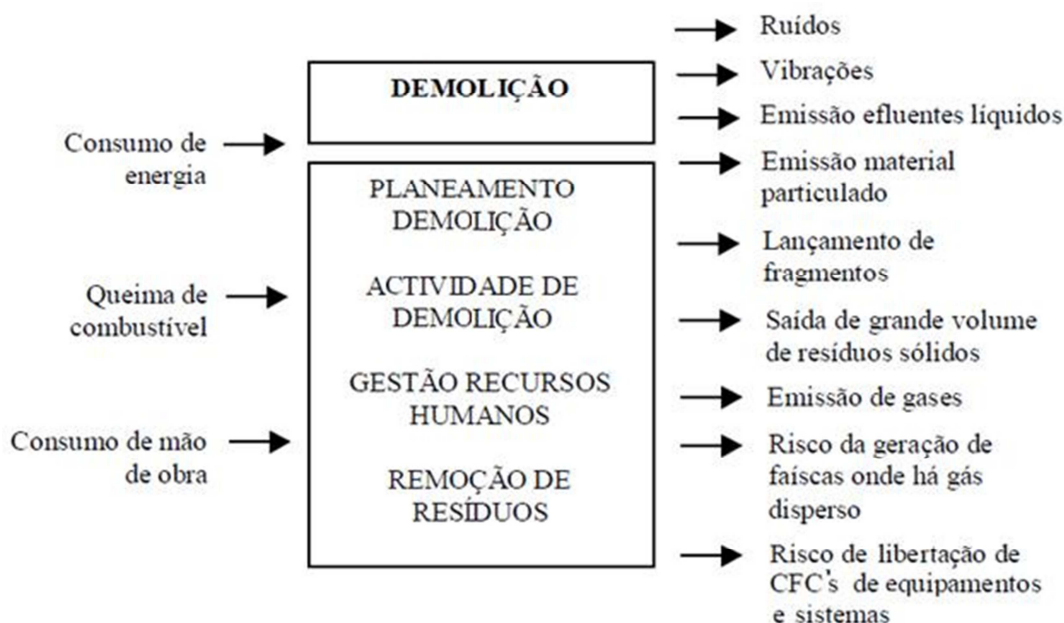


Fig. 9: Entradas e saídas em fase de demolição num edifício ^[8 adaptado]

1.4. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO – IMPORTÂNCIA DAS FACHADAS E COBERTURAS

As fachadas e coberturas representam a envolvente do edifício, separam o interior do exterior. A sua importância como “pele do edifício” abrange diferentes áreas e conceitos, tais como estrutura, térmica, mecânica, acústica, ambiente e materiais.

Estrutura envolvente

As paredes e cobertura de um edifício representam, em termos da estrutura, a fronteira entre o exterior e o interior do mesmo.

Criam um complexo/espço interior com características diferentes do exterior; protegem de fenómenos climáticos como chuva, vento, neve, etc; criam condições de conforto e privacidade para quem habita/utiliza o edifício; conferem segurança e robustez ao edifício.

Um aspecto importante a ter em conta nas fachadas e coberturas são as janelas, postigos e portas. Estas correspondem a pontos frágeis nas fachadas e coberturas pois permitem o contacto com o exterior podendo por em causa a função da própria estrutura, quer em termos de segurança, de conforto e/ou de privacidade.

Por esta razão, janelas e portas devem ser construídas de forma a garantir a integridade das fachadas e coberturas, garantindo bom isolamento térmico e acústico bem como a robustez/resistência que as fachadas e coberturas devem conferir.

Térmica

No que diz respeito aos aspectos térmicos em relação às fachadas e coberturas dum edifício pode-se dizer que tem um papel fundamental em termos de conforto térmico no interior do mesmo.

O calor entra e sai pelas fachadas e coberturas, quer seja por condução (através de elementos sólidos da própria estrutura) ou por transmissão (através do ar, por janelas, portas ou outros orifícios abertos para o exterior).

Assim, de modo a garantir as condições de conforto pretendidas no interior do edifício, deve-se manter as fachadas e coberturas do edifício com bom isolamento térmico e com boa inércia térmica, dificultando a passagem do calor por condução.

Acústica

O conforto acústico representa também um objectivo das fachadas e coberturas de um edifício. A protecção dos habitantes/utilizadores contra os ruídos exteriores deve ser considerada na construção de um edifício.

As fachadas e coberturas devem, portanto, actuar como boas barreiras acústicas, isto é, devem ter bom isolamento sonoro a ruídos aéreos e a ruídos de percussão.

Mecânica

O conceito de mecânica em termos de fachadas e coberturas prende-se com as características físicas dos materiais usados na sua construção. Assim, as fachadas e coberturas devem ser construídas com materiais resistentes a impactos, à ruptura, à pressão e à flexão.

Ambiente

As fachadas e coberturas relacionam-se com o ambiente no sentido paisagístico e no que diz respeito aos materiais utilizados na construção.

As fachadas e coberturas devem integrar-se paisagisticamente no local de construção do edifício de forma a contribuir para a integração nas dinâmicas natural e urbanística locais.

Quanto aos materiais utilizados na construção, devem ser materiais ambientalmente sustentáveis, sem substâncias tóxicas e energeticamente eficientes.

Materiais

Existem variados materiais utilizados na construção das fachadas e coberturas dos edifícios. Alguns exemplos são: betão, blocos de cimento, tijolo, pedra, chapas metálicas, cerâmica, madeira, etc.

Alem de todos os tipos de materiais existentes, é necessário ter em conta também outros aspectos como térmica, acústica, ambiente, durabilidade e resistência na escolha dos materiais a usar.

2. “EDIFÍCIOS VERDES” – PRÁTICAS PROJECTUAIS E CONSTRUÇÃO ORIENTADAS PARA A SUSTENTABILIDADE

2.1. O CONCEITO DE “EDIFÍCIO VERDE”

Associado ao conceito de desenvolvimento sustentável e tendo em conta a crescente necessidade de tomar medidas para minimizar os impactes ambientais e o consumo de recursos naturais não renováveis, surge um novo conceito: “Edifício Verde”.

A construção de “Edifícios Verdes” não é mais do que a criação de construções mais eficientes em termos de uso de recursos, energia e redução de emissões, não descurando o conforto e qualidade de vida dos utilizadores, durante todas as fases do seu ciclo de vida – planeamento, construção, utilização, manutenção e demolição, resultando daí benefícios sociais, económicos e ambientais ^[4].

A construção de “Edifícios Verdes” segue determinados parâmetros orientados para uma correcta utilização dos recursos naturais e correcto tratamento dos resíduos produzidos tendo em vista o mínimo impacte ambiental possível ^[9].

Se pensarmos que a maior parte dos recursos, principalmente electricidade e água serão gastos durante a fase de utilização do edifício pelos seus ocupantes, faz sentido criar estratégias que permitam poupar nestes recursos, através duma melhor eficiência do uso dos mesmos aliada à tecnologia mais eficiente. Estas estratégias devem ser criadas nas fases anteriores – planeamento e construção.

Por outro lado, a economia proporcionada pela redução das facturas energéticas e da água compensa largamente o investimento (inicial ou de conversão de sistemas já existentes) ao longo do tempo pelo que começa a chamar a atenção de grandes empresários que têm poder de investimento ^[9].

Na construção de “Edifícios Verdes” há que ter em consideração o ambiente, a energia, a qualidade de vida, a durabilidade dos materiais utilizados e o seu custo.

A construção verde tem como objectivos/requisitos:

- Diminuir o impacte da construção no ecossistema local;
- Aumentar a eficiência energética;
- Aumentar a eficiência do uso da água;
- Aumentar a eficiência do uso dos materiais;
- Reduzir os impactes na saúde humana e aumentar a qualidade de vida;
- Realizar a verificação do bom funcionamento de equipamentos e estruturas;
- Reduzir as emissões (sólidas, líquidas e gasosas).

2.2. PRINCIPAIS PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS COM ESTE CONCEITO

2.2.1. AMBIENTE

Como já foi referido neste trabalho, o ambiente constitui a principal preocupação para quem constrói “Edifícios Verdes”. Sendo os edifícios responsáveis pelo uso de grandes quantidades de recursos materiais e energéticos, bem como pela emissão de muitos poluentes e resíduos objectiva-se a redução dos impactes provocados por tais consumos e emissões.

Para haver desenvolvimento sustentável é necessário diminuir os gastos e desperdícios e aproveitar o que seja possível aproveitar. Deste modo é possível reduzir o consumo de matérias-primas e as emissões. Sendo a maior parte destes recursos finitos é também importante que se tente arranjar alternativas mais amigas do ambiente pois à partida já se sabe que os materiais mais comuns irão acabar num futuro próximo, veja-se o caso do petróleo e dos combustíveis fósseis em geral.

2.2.2. ENERGIA

Tal como já foi referido antes, a energia é um bem importante que deve ser economizado. Na construção de “Edifícios Verdes” constitui um dos principais objectivos o uso eficiente da energia.

Para tal devem ser utilizados não só equipamentos eficientes mas também devem ser procuradas alternativas de iluminação, por exemplo, tais como o aproveitamento activo ou passivo da luz solar ou mesmo do vento. A par da iluminação está também conforto térmico que poderá também ser feito com recurso à energia solar activa ou passiva.

O aproveitamento passivo da luz solar para iluminação e condicionamento de ar (aquecimento/arrefecimento) constitui provavelmente a solução mais amiga do ambiente e deve ser previsto na fase de projecto e de construção de acordo com vários critérios de arquitectura bioclimática. Esta matéria será tratada em mais detalhe no capítulo 2.4 deste trabalho.

O aproveitamento activo da luz solar prende-se com a aplicação de sistemas de painéis solares; o aproveitamento do vento de igual modo faz-se pela aplicação de aero-geradores. O aproveitamento solar activo será brevemente referido no capítulo 2.5 deste trabalho.

2.2.3. QUALIDADE

A qualidade é também uma das preocupações na construção de “Edifícios Verdes”, tanto a qualidade dos materiais e equipamentos utilizados como a qualidade de vida proporcionada aos utilizadores do edifício.

Os materiais utilizados devem ser de boa qualidade e ao mesmo tempo serem ecologicamente correctos, isto é, que não causem impactes no ambiente nem na saúde humana como emissões de substâncias tóxicas ou odores desagradáveis por exemplo.

Uma melhor qualidade de vida para os utilizadores passa por uma boa qualidade do ar no interior do edifício (que terá de ser renovado regularmente), por uma temperatura adequada no interior do edifício (proporcionando conforto térmico) e pela gestão da limpeza e higiene nas áreas comuns do edifício.

2.2.4. DURABILIDADE

Em termos de construção civil, são preferíveis os materiais com uma maior durabilidade pois um edifício tem uma vida de várias décadas.

Também no que respeita à construção “verde” se deve dar preferência a materiais o mais duráveis possível, aliado à sua eficiência, o que muitas vezes torna difícil de decidir entre um material muito eficiente em termos energéticos, por exemplo, mas com uma durabilidade mais baixa.

Há que encontrar o meio-termo pois não compensa utilizar materiais muito bons em termos de eficiência se tiverem de ser trocados regularmente assim como não compensa usar materiais muito pouco eficientes só por serem muito duráveis. Tudo isto tem também uma limitação de custo que poderá ainda dificultar mais a decisão.

Tal como o ACV existem outras ferramentas de decisão ambiental orientadas para este tipo de situações; a Análise Custo-Eficácia (ACE) ou a Análise Multicritério (AMC) poderão ser um bom exemplo de como decidir entre um dado material/tecnologia e outro tendo como base de comparação o preço, a durabilidade e a eficiência energética.

2.2.5. CUSTOS

A principal preocupação na construção de “Edifícios Verdes” prende-se com os custos associados a equipamentos e materiais mais eficientes que por norma são também mais caros, principalmente no que respeita ao aproveitamento activo da energia solar (painéis fotovoltaicos).

Há que ter em conta que o investimento neste tipo de tecnologias mais caras é bem melhor suportado aquando da construção do edifício do que quando este já está construído. Por outro lado deve-se considerar também que a maior factura vem na fase de utilização e manutenção do edifício e não durante a construção pelo que vale sempre a pena investir em tecnologias e materiais mais energeticamente eficientes.

Quanto ao aproveitamento solar passivo representa muito pouco na factura de construção do edifício e representa muito na redução da factura energética posteriormente à construção, basta apenas que os projectistas e os construtores estejam dispostos a fazê-lo e tenham conhecimento de como fazer.

Infelizmente em Portugal, e também pelo mundo fora a mentalidade de muitos construtores é a de construir rápido e gastando o menos possível, não ligando sequer às questões do ambiente e muito menos se preocupam em saber como fazer as coisas de uma forma melhor, mesmo que não gastem mais por isso. Só a legislação é que pode fazer frente a esta maneira de pensar, obrigando, por exemplo, os edifícios novos a ter colectores solares para aquecimento de águas, como está a ser feito neste momento.

2.3. PRINCIPAIS METAS/REQUISITOS NUM “EDIFÍCIO VERDE”

Na construção de “Edifícios Verdes” existem 7 requisitos importantes que são explorados e aperfeiçoados no sentido de melhorar ambientalmente e socialmente e economicamente o produto final, o edifício. Segue-se, nos pontos seguintes, uma breve descrição destes requisitos ou metas a atingir na construção “verde”.

2.3.1. LOCALIZAÇÃO E EFICIÊNCIA NO DESENHO DO PROJECTO DO EDIFÍCIO

Uma selecção cuidada do local para construção revela-se de grande importância no que respeita à manutenção da sustentabilidade e à minimização da interferência no ecossistema local. Esta selecção do local a construir deve, por isso, ter em conta situações de reabilitação de prédios ou zonas já edificadas de modo a evitar ao máximo a destruição de zonas/habitats naturais ainda não edificados.

Todos os aspectos ambientais do local devem ser considerados, como por exemplo, o relevo, a vegetação, cursos de água, etc ^[4].

Também outros aspectos mais ligados à sociedade em si, como por exemplo, a segurança do local, vias de acesso, existência de estacionamento, mecanismos de controlo de

velocidade de automóveis, iluminação nocturna da zona, abastecimento de água e electricidade, sistema de recolha de esgotos e águas pluviais, etc, devem ser considerados ^[4].

No que diz respeito à eficiência do projecto, tal como já foi visto anteriormente esta fase é a de maior importância em termos de definição das características, estruturas e materiais que serão utilizados para a construção do edifício pelo que é nesta fase que se define o desempenho ambiental, social e económico do edifício e cabe aos projectistas/arquitectos este trabalho.

No projecto de um “Edifício Verde” procura-se minimizar o impacto ambiental em todas as fases posteriores do ciclo de vida do edifício. É de notar que não há uma receita para todos os casos pois nenhum edifício ou local de construção é igual ao outro pelo que é preciso estudar caso a caso. Além disso existe uma infinidade de variantes no que diz respeito aos materiais utilizados na construção, o que originará impactos diferentes de caso para caso ^[10].

2.3.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

Na construção de “Edifícios Verdes” objectiva-se a redução do consumo de energia, não descurando o conforto dos habitantes, utilizando para tal diversos procedimentos arquitectónicos ou utilizando tecnologia mais eficiente no uso da energia ou mesmo tecnologia de geração de energia no local.

Para reduzir o consumo de energia, nomeadamente para a iluminação e para o aquecimento ou arrefecimento de ar pode-se utilizar isolamento em paredes e tectos, janelas e portas com isolamento térmico eficiente, etc.

Outra forma de redução do consumo de energia é a utilização de técnicas de aproveitamento passivo da energia solar que permitem aproveitar ao máximo a luz solar para iluminação e aquecimento, de acordo com alguns conceitos de arquitectura relacionados com o clima do local. Estes conceitos serão abordados em mais detalhe no ponto 2.4 deste trabalho.

O aproveitamento activo da energia solar também pode ser feito e permite reduzir muito o consumo de energia eléctrica da rede, tendo no entanto a desvantagem de ser uma tecnologia ainda bastante cara. O aproveitamento activo da energia solar inclui a colocação de painéis térmicos (aquecimento de águas) e painéis fotovoltaicos (produção de energia eléctrica). No local pode ainda ser aproveitada a energia do vento (eólica) pela aplicação de aero-geradores que transformam energia mecânica em energia eléctrica ^[10].

Existem também outras fontes de energia que podem ser exploradas, como é o caso da água (hidráulica) e da biomassa ^[10].

Em termos de construção da rede eléctrica no edifício, é fundamental otimizar as necessidades de energia de modo a fazer o correcto dimensionamento e escolha de materiais, operação e manutenção, e segurança contra acidentes ^[4].

2.3.3. EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA NO EDIFÍCIO

A água potável é um bem escasso e como tal deve ser protegido e poupado. Um “Edifício Verde” tem como objectivo o uso eficiente da água, valorizando a qualidade e economia da mesma.

Sistemas de reutilização das águas usadas para rega, lavagens ou descargas de autoclismo devem ser implementados sempre que seja viável. Sistemas de aproveitamento de águas da chuva também constituem uma boa opção para reduzir o consumo de água potável no edifício ^[4].

Os cursos de água das proximidades do local do edifício devem também ser protegidos de descargas que possam contamina-los. Grandes áreas impermeabilizadas por pavimentos em betão ou outros materiais que dificultem a infiltração da água no solo devem ser evitados pois constituem uma possível fonte de contaminação da água que drena para os cursos de água locais, pois promovem o arrastamento de contaminantes. Em alternativa deve-se valorizar a cobertura vegetal (relva) ou outros pavimentos que facilitem a infiltração da água no solo (ex: areia) ^[4].

O dimensionamento do sistema de colectores de águas residuais e de águas pluviais deve ser bem feito para garantir o seu bom funcionamento e evitar situações emergentes de entupimentos e sobrecarga do sistema.

Caso a extracção da água para o edifício seja feita na totalidade ou em parte através de furos ou captações subterrâneas deve-se ter em conta a utilização cuidada da água e prevenir a sobreexploração do aquífero.

Tecnologias e sistemas de poupança, como torneiras com redutor de caudal e chuveiros mais eficientes, autoclismos com opção de descarga mínima de água, etc devem ser utilizados ^[10].

2.3.4. EFICIÊNCIA DOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO EDIFÍCIO

A escolha dos materiais e equipamentos utilizados na construção de um “Edifício Verde” é muito importante. Os materiais usados devem ter o mínimo impacte possível durante

o seu ciclo de vida, tanto no ambiente como na saúde dos habitantes/utilizadores do edifício. Deve-se utilizar sempre que possível materiais reciclados e de origem renovável ^[4].

Alguns materiais reciclados amigos do ambiente incluem: materiais de origem vegetal como bambu, palha, madeira proveniente de florestas certificadas (geridas de forma sustentável), blocos, pedras e rochas ornamentais, metais reciclados, e muitos outros materiais não tóxicos, reutilizáveis, renováveis e/ou recicláveis como por exemplo: linóleo, lã de ovelha, painéis feitos a partir de flocos de papel, blocos de terra compactada, adobe, terra cozida, terra batida, argila, linho, cortiça, grãos de argila expandida, coco, placas de fibra de madeira, pedra, areia, etc ^[10].

Alguns aspectos a ter em conta sobre os materiais escolhidos são a geração de resíduos, os riscos de manipulação, a durabilidade e os custos (de aquisição e tratamento de fim-de-vida), tendo sempre em conta a saúde e a segurança dos habitantes/utilizadores do edifício bem como o meio ambiente ^[4].

Outro aspecto importante a ser considerado é o transporte dos materiais bem como da mão-de-obra para o local da construção. Na construção de um “Edifício Verde” dá-se preferência a materiais produzidos no local ou nas proximidades de modo a minimizar os impactes gerados no ambiente pelo transporte a longas distâncias de grande quantidade de materiais. Do mesmo modo se dá preferência por mão-de-obra proveniente da zona onde o edifício será construído, evitando deslocações diárias de automóvel ou outro meio de transporte poluente ^{[4] [10]}.

2.3.5. MELHORIA DA QUALIDADE AMBIENTAL NO INTERIOR DO EDIFÍCIO

Na construção de “Edifícios Verdes” procura-se também promover uma boa qualidade no interior do edifício para maior conforto e saúde dos habitantes/utilizadores do mesmo.

Uma boa qualidade interior num edifício passa por uma boa qualidade do ar (promovendo boa ventilação), qualidade de iluminação (principalmente iluminação natural), qualidade acústica (promovendo maior conforto sonoro) e a existência de vista para o exterior do edifício ^[4].

Sistemas de renovação de ar devem ser projectados para economia de energia, facilidade de manutenção e protecção (através de filtragem do ar por ex.) contra a formação e propagação de agentes biológicos, redução de COV's e outras impurezas no ar ^{[4] [10]}.

A iluminação deve ser feita preferencialmente através da luz solar durante a maior parte do dia, evitando a luz artificial, pois esta, além de ser natural e gratuita, é mais agradável

para a vista humana, ao contrário da luz artificial que dá a sensação de se estar num espaço fechado.

O ruído exterior deve ser reduzido através do uso de materiais isolantes, principalmente nas janelas e portas mas também em sistemas de ventilação, chaminés/exautores e outros locais passíveis de transmitir o ruído exterior para o interior do edifício. Também o interior do edifício deve ter o tratamento acústico adequado para evitar fenómenos de eco, reverberação ou ruído de fundo excessivo. A estrutura do edifício deve também ter o tratamento adequado para evitar que o ruído dos vizinhos seja audível, tanto os ruídos de percussão como os ruídos aéreos.

A existência de vista para o exterior torna-se mais agradável e aumenta a satisfação das pessoas que estão no edifício pelo que aumentará também o seu rendimento caso estejam a trabalhar, ao contrário de um espaço fechado sem vista para o exterior onde uma pessoa vai-se sentir deprimida e enclausurada ^[4].

2.3.6. OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO E OPTIMIZAÇÃO

O projecto e construção de um “Edifício Verde” não se fica apenas pelo projecto e construção, deverá também assegurar que as operações de manutenção e optimização (até mesmo a sua demolição) ao longo da vida do edifício são também orientadas no sentido de proteger o ambiente e as pessoas que utilizam o edifício.

Para que tal seja possível é necessário que quem projecta e constrói o edifício deixe indicações de como proceder para fazer a manutenção do mesmo, isto é, devem especificar quais os materiais e sistemas que permitem reduzir o consumo de energia e água, aumentar a eficiência em termos de custo-eficácia, necessitam de menos manutenção e tem menos impactos durante o seu ciclo de vida ^{[4] [10]}.

Se possível deverão ser os responsáveis pelo projecto e construção a fazer a manutenção para que sejam mantidos os mesmos critérios de protecção ambiental e da saúde humana.

2.3.7. REDUÇÃO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS

A construção de “Edifícios Verdes” prevê também a redução dos resíduos produzidos no edifício, a par da redução da energia e água consumidas durante todo o ciclo de vida do mesmo, quer sejam resíduos sólidos (lixos) ou líquidos (esgotos e águas sanitárias).

Apesar de a maior parte dos resíduos serem produzidos durante a exploração do edifício (pois decorre durante um grande período de tempo), a maior redução na produção de

resíduos e conseguida durante a construção e demolição do edifício onde se pode evitar os desperdícios, prever mais ou menos a quantidade de material necessário para que não haja sobras e reciclar ou reutilizar os materiais resultantes da demolição, podendo-se assim diminuir fortemente a quantidade de resíduos que vão para aterro.

Durante a fase de exploração do edifício a redução dos resíduos produzidos passa muito pela mentalidade dos habitantes/utilizadores mas normalmente não se consegue reduzir muito pois a quantidade de lixo/resíduos produzida é sempre a mesma e não há muita coisa que as pessoas possam fazer a este mesmo lixo.

Porem pode-se criar estratégias que levem as pessoas a reduzir ou reciclar os seus resíduos como a colocação de Ecopontos próximos do local do edifício, promoção da compostagem caseira, lançamento de campanhas informativas que incentivem as pessoas a mudarem a sua mentalidade.

No que respeita aos resíduos líquidos, como esgotos e outras águas sanitárias a redução passa quase única e exclusivamente pela redução da quantidade de água gasta pois as pessoas não podem deixar de fazer as suas necessidades fisiológicas. Assim, como já foi referido antes, deve-se implementar sistemas e equipamentos que permitam poupar água bem como promover a reutilização ou reciclagem das águas usadas sempre que possível. Da mesma maneira que para os resíduos sólidos também se poderá criar campanhas de sensibilização para as pessoas evitarem o desperdício de água.

Outra opção poderá passar pelo aproveitamento de alguns resíduos e águas residuais para produção de adubo, evitando custos de tratamento e representando uma mais-valia em termos ambientais ^[10].

2.4. “ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA” OU “ARQUITECTURA SOLAR PASSIVA”

Define-se Arquitectura Bioclimática ou Arquitectura Solar Passiva como a “arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo projectual, relevando o sol, na sua interacção com o edifício para um papel fundamental do mesmo” ^[11]. Consiste num conjunto de regras e procedimentos que permitem compreender as variáveis climáticas do local (sol, vento, água) e a forma como estas podem interagir com o edifício de forma a criar condições de conforto térmico e de qualidade do ar no interior do mesmo.

O principal objectivo da Arquitectura Bioclimática é a obtenção de condições de conforto de uma forma natural, tendo em conta 3 factores importantes: o clima, o edifício em termos construtivos, e o tipo de utilização que se pretende do mesmo ^[11].

Por outro lado há que ter em conta que a noção de conforto não é estática, varia de pessoa para pessoa, ainda que nas mesmas condições térmicas, pois o ser humano tem a capacidade de se adaptar a diferentes condições térmicas e variações de clima. Factores pessoais como a actividade metabólica e o vestuário, bem como factores ambientais como a temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do ar ou temperatura média radiante influenciam directamente o conforto térmico, sendo os primeiros unicamente dependentes da fracção humana e os segundos dependentes do edifício e sua qualidade de projecto e construção ^[11].

Define-se estratégias bioclimáticas como o conjunto de procedimentos que tem em consideração as condições climáticas do local, a sua interacção com o edifício, e permitem, assim, adequar o edifício ao clima local, isto é, são os procedimentos arquitectónicos que orientam a construção do edifício tirando partido do clima local para criar condições de conforto aos habitantes de uma forma natural e, portanto, reduzir a factura energética ^[11].

Para construção de um edifício com características bioclimáticas deverá ter em consideração a orientação espacial do edifício (para otimizar os ganhos solares), a variação da temperatura local ao longo do ano para estabelecimento dos fluxos energéticos (perdas e ganhos térmicos e potencial de ventilação natural) ^[11].

A carta bioclimática de Baruch Givoni (figura 10) representa um bom instrumento para definir quais as estratégias mais adequadas a cada zona climática. Nela são registadas as temperaturas e humidade do ar exterior. Estes valores no gráfico permitem saber o tipo de zona e, portanto, estabelecer as estratégias bioclimáticas mais adequadas.

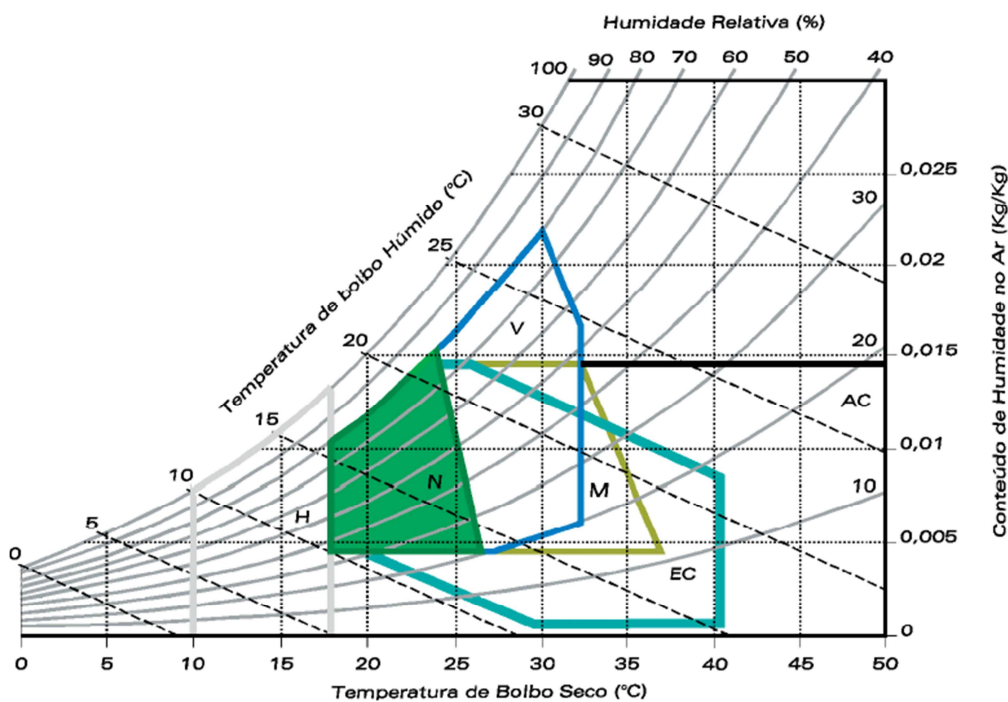


Fig. 10: Carta bioclimática de Baruch Givoni ^[11]

Na tabela 2 pode ver-se a descrição das diferentes estratégias bioclimáticas bem como o tipo de clima em que são utilizadas e as zonas climáticas da carta de Baruch Givoni a que correspondem.

Tabela 2: Estratégias bioclimáticas associadas às diferentes zonas climáticas

Estratégia Bioclimática	Descrição	Tipo de Clima	Exemplos de acções a tomar	Zonas correspondentes
<i>Restringir perdas por condução</i>	Aquecimento	Inverno agressivo	Aplicação de materiais isolantes nas paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados.	H
<i>Restringir perdas por infiltração e efeito do vento no exterior</i>	Aquecimento	Inverno agressivo	Aplicação de caixilharias de janelas com vedação eficiente; Protecção contra os ventos dominantes com vegetação e escolha de local adequado para o edifício.	H
<i>Promover ganhos solares</i>	Aquecimento	Inverno agressivo	Sistemas solares passivos para aquecimento.	H
<i>Promover ventilação natural</i>	Arrefecimento	Tropical e equatorial ou Temperado marítimo	Casas de inércia leve; Sistemas de arrefecimento por ventilação.	V
<i>Promover perdas pelo solo</i>	Arrefecimento	Tropical e equatorial ou Temperado marítimo	Arrefecimento por contacto com o solo; Ar exterior é arrefecido ao passar no solo (tubos subterrâneos) e depois entra no edifício.	V
<i>Restringir ganhos solares</i>	Arrefecimento	Todos os climas quentes que necessitem de arrefecimento	Aplicação de sombreamento nos envidraçados.	V, EC, AC, M, W
<i>Promover o arrefecimento por evaporação</i>	Arrefecimento	Temperado seco ou Desértico, árido e muito seco	Arquitectura do médio oriente; Ventilação com pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.	EC, M
<i>Promover o arrefecimento por radiação</i>	Arrefecimento	Quente continental com elevadas amplitudes térmicas	Arquitectura do médio oriente e sul da Europa (Ex: Portugal – Alentejo e Algarve); Cobertura com material radiativo.	M
---	---	Clima neutro, próximo das condições de conforto desejadas	Acautelar a existência de ganhos solares excessivos.	N
---	---	Clima extremo	Não é possível atingir conforto térmico recorrendo somente a técnicas passivas.	AC

Nos pontos seguintes seguem-se alguns conceitos básicos relacionados com a arquitectura bioclimática, a descrição das zonas climáticas em Portugal Continental e uma breve referência de alguns sistemas de aproveitamento passivo da energia solar.

2.4.1. CONCEITOS/NOÇÕES BÁSICAS

2.4.1.1. ENERGIA SOLAR

A temperatura exterior está directamente relacionada com a radiação solar e influencia a temperatura no interior dos edifícios.

Pelas leis da termodinâmica, o gradiente de temperaturas dá-se das zonas de maior temperatura para as zonas de menor temperatura, isto é, o calor tende a deslocar-se das zonas mais quentes para as zonas mais frias. O calor transmite-se por 3 vias diferentes: condução (através de meios sólidos como paredes e coberturas), convecção (através do ar) e radiação (como forma de radiação emitida pelas paredes e tecto sob a forma de ondas electromagnéticas) ^[12].

Assim, no Verão, o fluxo de calor tende a deslocar-se, por condução nas paredes, do exterior para o interior edifício pelo que se torna importante criar mecanismos que dificultem este movimento.

Pela mesma lógica, no Inverno, o fluxo de calor dá-se do interior do edifício (que está mais quente devido ao calor humano e aos equipamentos existentes) para o exterior do mesmo que, por norma, está mais frio nesta época do ano, havendo necessidade de impedir ou minimizar estas perdas de calor.

O sol tem, assim, um papel crucial em termos energéticos e o conhecimento das suas características como valor de radiação e posição ao longo do ano constitui o factor chave para que se possa projectar um edifício em termos bioclimáticos ^[11].

2.4.1.2. POSIÇÃO SOLAR ANUAL

O percurso do sol ao longo do dia varia durante o ano tal como se pode verificar pela observação da figura 11. Conhecendo as posições do sol ao longo das estações do ano podemos criar estratégias para melhor aproveitar a energia solar ou por outro lado evitar essa mesma energia quando se torna necessário.

A Geometria Solar ou Geometria da Insolação estuda a incidência do sol no edifício bem o efeito dos sistemas de sombreamento do edifício e os efeitos de sombreamento de outros edifícios e árvores no edifício em estudo e nas condições de conforto térmico no seu interior ^[11].

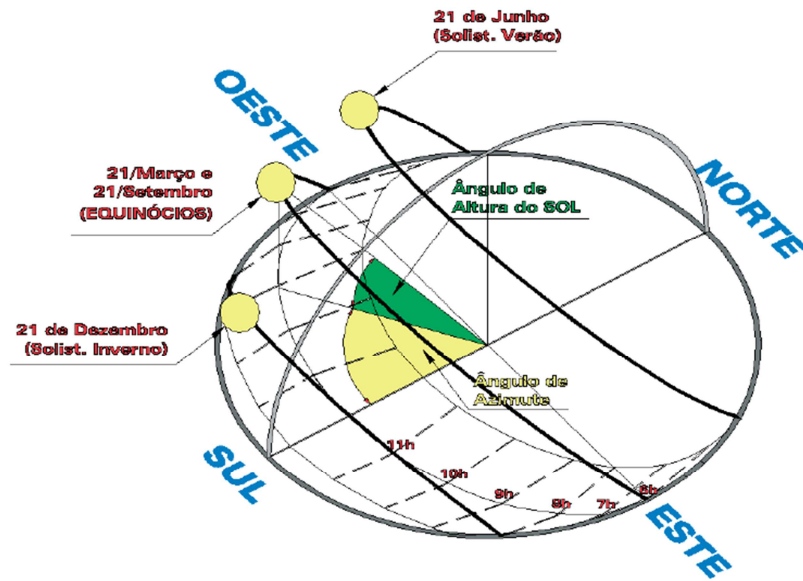


Fig. 11: Percursos do sol ao longo de vários dias do ano ^[11]

2.4.1.3. ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS

Para uma correcta definição da localização das fachadas e envidraçados nos edifícios, bem como a sua dimensão e tipo de vidro, é importante considerar a movimentação do sol ao longo do ano ^[11].

A figura 12 representa os valores médios de radiação solar ao longo do ano.

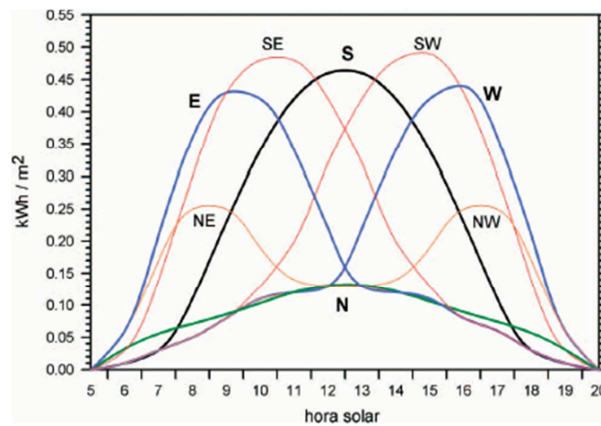


Fig. 12: Irradiação solar global em planos verticais: Lisboa (38,7º N) ^[11]

Como se pode verificar pela análise do gráfico, a orientação a sul confere uma maior radiação incidente nas fachadas e durante as horas mais quentes do dia. Por ter uma curva larga apanha também maior número de horas de sol incidente do que as restantes orientações. Mesmo SE e SW que têm um pico de radiação incidente um pouco acima de S tornam-se menos vantajosas pois só apanham principalmente a parte da manhã ou da tarde respectivamente. Por outro lado, por apresentarem curvas mais estreitas apanham menor número de horas de sol incidente durante o dia.

Assim fica demonstrado que, em Portugal, a orientação preferencial das fachadas é para o Sul geográfico. As figuras 13 e 14 demonstram como o sol incide numa fachada orientada a Sul, durante o Inverno e durante o Verão respectivamente.

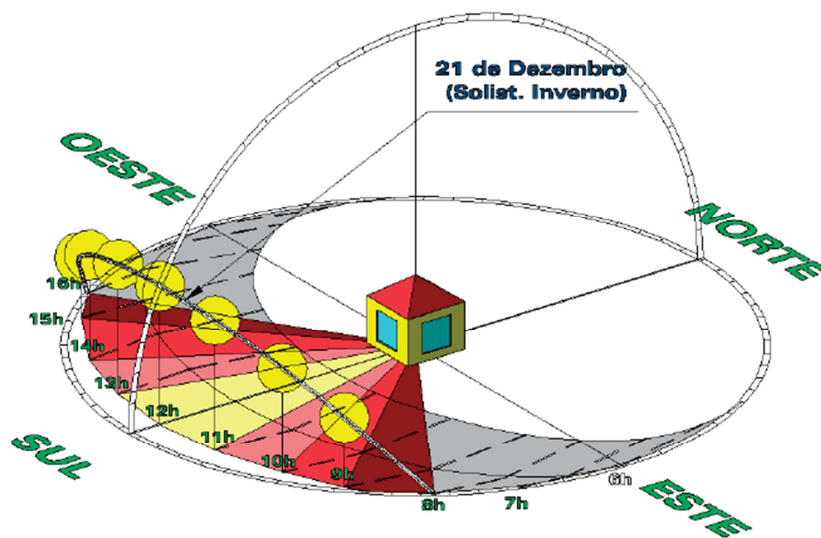


Fig. 13: Incidência solar numa fachada orientada a Sul durante o Inverno ^[11]

Numa fachada orientada a Sul durante o Inverno, como o sol tem um percurso “baixo”, aproximadamente perpendicular à fachada do edifício, durante todo o dia, permite um bom aproveitamento da radiação e, portanto, aquecimento do interior do edifício.

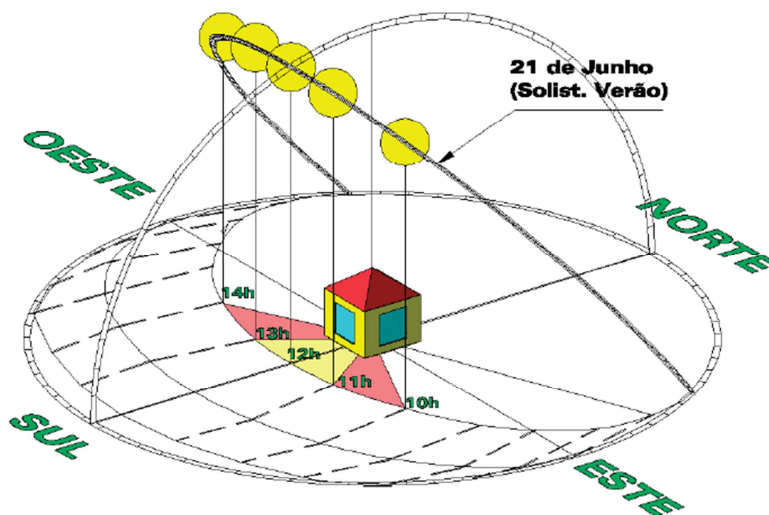


Fig. 14: Incidência solar numa fachada orientada a Sul durante o Verão ^[11]

Numa fachada orientada a Sul durante o Verão, há necessidade de minimizar os ganhos solares. Como o sol tem um percurso “alto”, aproximadamente perpendicular à cobertura do edifício, durante todo o dia, a incidência directa nos envidraçados é mínima e faz-se durante poucas horas do dia pelo que se torna fácil evitar os ganhos solares directos pela colocação de uma pala sombreadora.

2.4.1.4. PERDAS E GANHOS TÉRMICOS

O calor atravessa as paredes e envidraçados do edifício proporcionando perdas de calor no inverno e ganhos no verão tal como ditam as leis da termodinâmica, como já foi referido.

Para minimizar as perdas e ganhos térmicos num edifício deve-se aumentar a resistência à transmissão do calor. Isto pode ser conseguido pela incorporação de materiais isolantes (como cortiça, esferovite, poliuretano, lã de vidro, etc) no caso das paredes e cobertura. No caso dos envidraçados deve-se dar preferência a materiais (vidros, caixilhos, persianas) com elevada resistência térmica ^[11].

2.4.1.5. VENTILAÇÃO NATURAL

Os processos de ventilação natural, quer sejam trocas de ar entre o interior e o exterior devido a diferenças de temperatura, quer seja o efeito do vento, tem um papel muito importante na renovação do ar interior e na manutenção da temperatura do mesmo.

A ventilação desempenha um papel importante de arrefecimento nocturno durante o verão. Também nas restantes estações do ano a ventilação representa um mecanismo importante para evitar o sobre/subaquecimento dos edifícios ^[11].

Durante o inverno há, por vezes, necessidade de controlar as trocas de ar de modo a evitar que o ar quente saia do edifício havendo perdas de calor. Para tal deve-se contrariar o movimento do ar através da eficiente vedação de frinchas e condutas ligadas ao exterior ^[11].

Quanto à acção do vento e sua interferência com a temperatura do edifício, devem ser projectados mecanismos de protecção contra os ventos dominantes tal como o uso de vegetação. Outras estratégias como sistemas de captação de vento e indução de correntes de circulação de ar para arrefecimento devem ser aplicadas sempre que necessário ^[11].

2.4.2. ZONAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Existem 3 zonas climáticas definidas em Portugal continental durante o Inverno (I_1 , I_2 e I_3). De igual modo existem 3 zonas climáticas durante o Verão (V_1 , V_2 e V_3). A severidade aumenta com o índice (1, 2 ou 3).

De acordo com esta classificação dos tipos de Verão e Inverno podemos distinguir 9 tipos de zonas climáticas em Portugal. Estas zonas climáticas que são definidas pelo RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico do Edifícios estão descritas nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3: Zonas climáticas I_1-V_1 , I_1-V_2 e I_1-V_3 definidas no RCCTE

	Zonas		Características	Estratégias bioclimáticas adequadas
I_1-V_1	<p>Águeda, Albergaria-a-velha, Aljezur, Almada, Amadora, Aveiro, Bombarral, Caldas da Rainha, Cantanhede, Cascais, Estarreja, Figueira da Foz, Ílhavo, Lagos, Lourinhã, Mafra, Marinha Grande, Mira, Monchique, Montemor-o-Velho, Murtosa, Nazaré, Óbidos, Odemira, Oeiras, Oliveira do Bairro, Ovar, Peniche, Portimão, Sines, Sintra, Torres Vedras, Vagos, Vila do Bispo</p>		<p>Clima ameno de influência marítima; Baixas amplitudes térmicas diárias no verão.</p>	<p><i>Inverno</i>: Restringir perdas por condução; promover ganhos solares.</p> <p><i>Verão</i>: Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento; uso de ventilação natural para arrefecimento.</p>
I_1-V_2	<p>Albufeira, Alenquer, Anadia, Arruda dos Vinhos, Barreiro, Coimbra, Faro, Grândola, Lagoa, Lisboa, Loulé, Loures, Mealhada, Moita, Mortágua, Odivelas, Olhão, Santa Comba Dão, Santiago do Cacém, São Brás de Alportel, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Silves, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira</p>		<p>Clima suave de influência marítima; Baixas amplitudes térmicas diárias no Verão.</p>	<p><i>Inverno</i>: Restringir perdas por condução; promover ganhos solares.</p> <p><i>Verão</i>: Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento; uso de ventilação natural para arrefecimento.</p>
I_1-V_3	<p>Alandroal, Alcácer do Sal, Alcochete, Alcoutim, Aljustrel, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Arraiolos, Arronches, Avis, Azambuja, Barrancos, Beja, Benavente, Borba, Campo Maior, Cartaxo, Castro Marim, Castro Verde, Coruche, Crato, Cuba, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Ferreira do Alentejo, Fronteira, Golegã, Mértola, Monforte, Montemor-o-Novo, Montijo, Mora, Moura, Mourão, Ourique, Palmela, Ponte de Sôr, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Salvaterra de Magos, Santarém, Serpa, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vidigueira, Vila Franca de Xira, Vila Real de Santo António, Vila Viçosa</p>		<p>Clima seco; Elevadas amplitudes térmicas diárias.</p>	<p><i>Inverno</i>: Restringir perdas por condução; promover ganhos solares; promover uma inércia térmica forte nas construções.</p> <p><i>Verão</i>: Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento eficaz; promover inércia térmica forte; arrefecimento evaporativo ou radiativo.</p>

Tabela 4: Zonas climáticas I_2-V_1 , I_2-V_2 e I_2-V_3 definidas no RCCTE




	Zonas		Características	Estratégias bioclimáticas adequadas
I_2-V_1	Alcobaça, Arouca, Barcelos, Batalha, Cadaval, Castelo de Paiva, Espinho, Esposende, Feira, Fornos de Algodres, Gondomar, Leiria, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azemeis, Oliveira de Frades, Paredes, Penalva do Castelo, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Varzim, São João da Madeira, Sever do Vouga, Trofa, Vale de Cambra, Valongo, Viana do Castelo, Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vouzela		Clima de Verão ameno com baixas amplitudes térmicas; Invernos mais rigorosos.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento; promover ventilação natural para arrefecimento.
I_2-V_2	Alcanena, Amarante, Amares, Ansião, Arganil, Belmonte, Braga, Carregal do Sal, Celorico de Basto, Condeixa-a-Nova, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousa, Lousada, Mangualde, Marco de Canavezes, Miranda do Corvo, Monção, Nelas, Oliveira do Hospital, Paços de Ferreira, Penacova, Penafiel, Penela, Pombal, Ponte de Lima, Póvoa do Lanhoso, Rio Maior, Santo Tirso, São Pedro do Sul, Tábua, Tondela, Valença, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Ourém, Vila Nova de Poiares, Vila Verde, Viseu, Vizela		Clima com amplitudes térmicas médias no Verão.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento eficaz; promover inércia térmica forte.
I_2-V_3	Abrantes, Alvaiázere, Borba, Castelo Branco, Castelo de Vide, Chamusca, Constância, Ferreira do Zêzere, Figueiró dos Vinhos, Fundão, Gavião, Idanha-a-Nova, Mação, Marvão, Mesão Frio, Nisa, Pedrogão Grande, Penamacor, Peso da Régua, Portalegre, Proença-a-Nova, Santa Marta de Penaguião, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila de Rei, Vila Nova da Barquinha, Vila Velha de Ródão		Clima seco; Elevadas amplitudes térmicas diárias.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento eficaz; promover inércia térmica forte; promover arrefecimento evaporativo ou radiativo.

Tabela 5: Zonas climáticas I_3-V_1 , I_3-V_2 e I_3-V_3 definidas no RCCTE

Zonas		Características	Estratégias bioclimáticas adequadas
I_3-V_1	Boticas, Celorico da Beira, Guarda, Manteigas, Melgaço, Montalegre	Clima com Inverno agressivo; Baixas amplitudes térmicas diárias no Verão.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares; promover inércia térmica muito forte. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento eficaz.
I_3-V_2	Aguiar da Beira, Alfândega da Fé, Almeida, Arcos de Valdevez, Bragança, Cabeceiras de Basto, Carraceda de Ancilões, Castro de Aire, Chaves, Cinfães, Covilhã, Figueira de Castelo Rodrigo, Freixo de Espada à Cinta, Gois, Macedo de Cavaleiros, Meda, Miranda do Douro, Mogadouro, Mondim de Basto, Murça, Paredes de Coura, Penedono, Pinhel, Ponte da Barca, Ribeira de Pena, Sabugal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Terras de Bouro, Torre de Moncorvo, Trancoso, Vieira do Minho, Vila Flor, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vimioso, Vinhais	Clima continental; Inverno agressivo; Amplitudes térmicas diárias relevantes no Verão.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares; promover inércia térmica forte. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento; promover inércia térmica forte; arrefecimento evaporativo ou radiativo.
I_3-V_3	Alijó, Armamar, Baião, Castanheira de Pêra, Lamego, Mirandela, Moimenta da Beira, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Resende, Sabrosa, S. João da Pesqueira, Tabuaço, Tarouca, Valpaços	Clima continental; Inverno e Verão agressivos; Amplitudes térmicas muito elevadas no Verão.	<i>Inverno:</i> Restringir perdas por condução; promover ganhos solares; promover inércia térmica muito forte. <i>Verão:</i> Restringir ganhos por condução, restringir ganhos solares com sombreamento; promover inércia térmica forte; arrefecimento evaporativo ou radiativo.

2.4.3. SISTEMAS PASSIVOS NOS EDIFÍCIOS

Sistemas passivos nos edifícios consistem em dispositivos integrados nos edifícios que promovem, de uma forma natural (sem recurso a electricidade ou algum tipo de combustível fóssil), o aquecimento ou arrefecimento do interior do edifício ^[11] ^[13].

Sistemas de aquecimento tentam maximizar a captação da energia solar usando-a directa ou indirectamente, no momento da captação ou armazenando para usar quando necessária ^[11].

Sistemas de arrefecimento tentam utilizar as fontes de arrefecimento possíveis, tais como o solo, que se encontra sempre a uma temperatura inferior à da superfície, e o ar exterior, que apresenta uma temperatura inferior à do interior do edifício em determinadas horas do dia (principalmente durante a manhã e ao fim da tarde e noite). Sistemas de arrefecimento evaporativo (provocado pela evaporação da água) e radiativo (emissão de radiação/calor pelos elementos envolventes do edifício) também são opções possíveis. ^[11]

Nos pontos seguintes são descritos os principais sistemas de aquecimento e arrefecimento passivo utilizados na arquitectura bioclimática.

2.4.3.1. AQUECIMENTO PASSIVO

Além dos sistemas que serão descritos abaixo, há sempre que ter em conta as boas práticas de projecto, isto é, superfície envidraçada orientada a sul para melhor aproveitamento da radiação solar, e massa térmica para absorção, armazenamento e distribuição de calor nos elementos do edifício. Isolamento térmico também é importante para minimizar a influência das condições climáticas exteriores ao edifício. ^[11]

2.4.3.1.1. SISTEMA DE GANHO DIRECTO

Neste tipo de sistema de aquecimento, existem envidraçados que permitem a recepção da luz solar e a sua distribuição pelas paredes e tecto que funcionam como massas térmicas que absorvem e mantêm o calor atenuando a amplitude térmica, isto é, impedem que o interior do edifício aqueça demais e, por outro lado, como absorvem uma parte do calor, permitem manter uma temperatura confortável durante a noite pela libertação desse mesmo calor ^[11].

A figura 15 esquematiza um sistema de ganho directo.

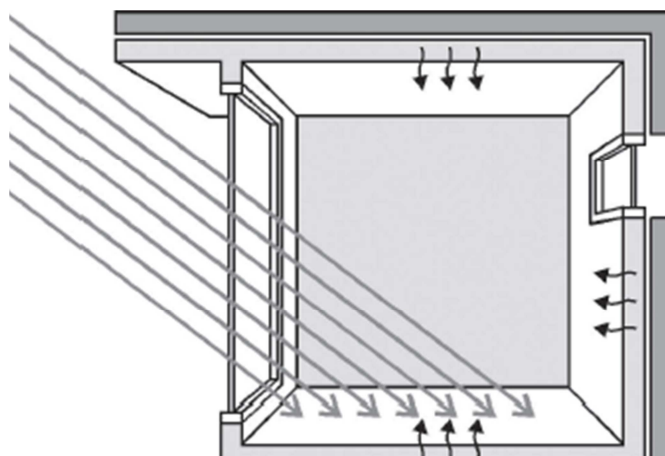


Fig. 15: Representação esquemática do sistema de ganho directo ^[11]

2.4.3.1.2. SISTEMA DE GANHO INDIRECTO

Neste tipo de sistema de aquecimento, a massa térmica encontra-se disposta entre a superfície de ganho e a zona a aquecer. A massa térmica absorve a energia/calor solar e armazena-a. Este calor não é logo transmitido pelo que ocorre um desfasamento entre a captação e a libertação. Isto permite que o calor captado durante o dia possa ser utilizado durante o fim da tarde e noite quando é mais necessário.

O aproveitamento deste calor armazenado pode ser feito por mecanismos de ventilação simples como o da figura 16 em que existem dois orifícios, um na parte de cima da parede por onde entra ar quente (mais leve) e outro na parte de baixo por onde sai o ar mais frio, devido ao movimento do ar originado pelo gradiente de temperaturas. Um exemplo deste tipo de sistema é a parede de Trombe (figura 16)

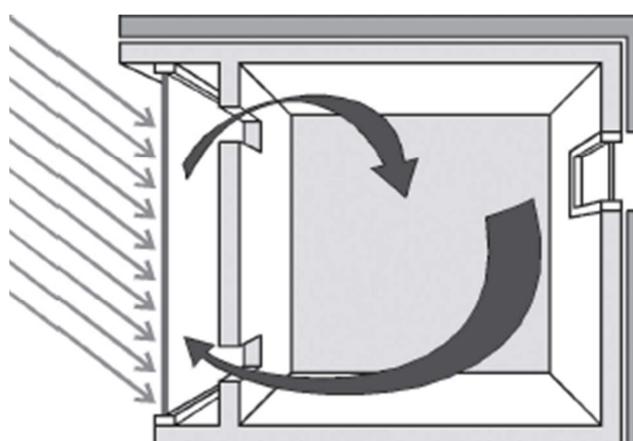


Fig. 16: Representação esquemática do sistema de parede de Trombe ^[11]

Outro tipo de aproveitamento indirecto da energia solar é o recurso a paredes ou colunas de água, isto é, em vez de betão e tijolo instala-se reservatórios de água em forma de

colunas do tipo ornamental ou mesmo em forma de parede. Este sistema tem por base o facto da capacidade da água em armazenar o calor ser bastante superior à dos materiais usados nas paredes do edifício.

Assim, será libertada uma quantidade maior de calor e durante um período de tempo superior (já que a água demora mais tempo a arrefecer do que o ar) do que com o recurso a sistemas do tipo parede de Trombe.

2.4.3.1.3. SISTEMA DE GANHO ISOLADO

O aproveitamento da energia/calor solar dá-se fora das zonas a ser aquecidas mas tem os mesmos princípios dos métodos já referidos de ganho directo e indirecto.

O caso da imagem seguinte, consiste num sistema com uma estufa anexa que recebe o calor proveniente da energia solar por ganho directo, armazena-o e transmite-o para o interior do edifício do mesmo modo que uma parede de Trombe (se existirem orifícios) ou então por condução ^[11].

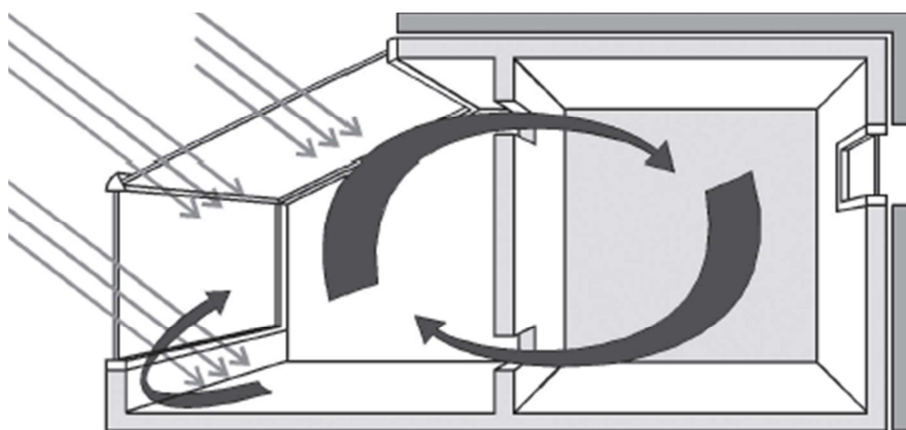


Fig. 17: Representação esquemática de um sistema de aproveitamento com estufa ^[11]

Outro sistema de ganho isolado são os colectores de ar. São estruturas do tipo conduta instaladas na fachada do edifício em que tem uma superfície de vidro (do exterior) e outra superfície absorvedora mas que não armazena calor. O sistema funciona em termosifão permitindo ventilar o interior do edifício durante todo o ano. No Inverno o ar entra pela parte de baixo da conduta (abertura exterior) e é aquecido pela radiação solar auxiliada pela superfície absorvedora, deste modo o ar sobe e entra no edifício aquecendo o interior. Por outro lado no Verão o ar quente no interior sai por uma abertura na parte de baixo da conduta (do lado interior do edifício) e sobe até sair para o exterior. As imagens seguintes ajudam a ter uma ideia do funcionamento deste sistema em termosifão.

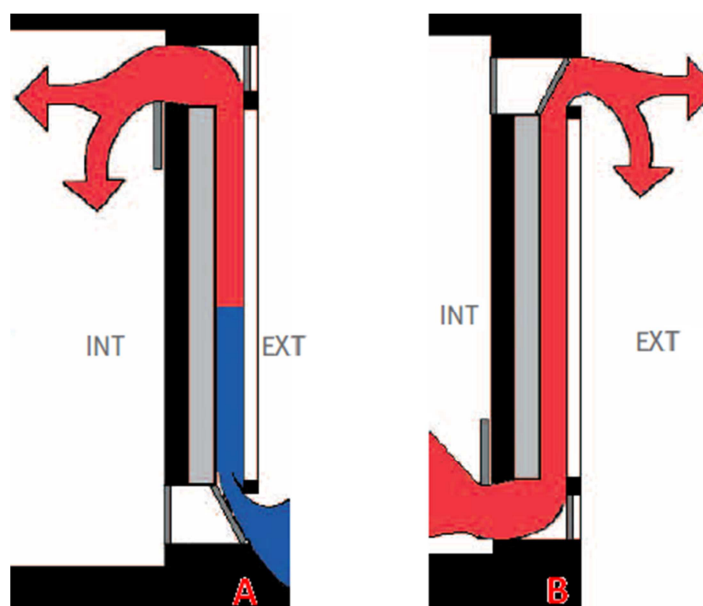


Fig. 18: Representação esquemática do movimento do ar em termosifão. A – Inverno; B – Verão. ^[11]

2.4.3.2. ARREFECIMENTO PASSIVO

Além dos sistemas que serão descritos abaixo, há sempre que ter em conta as boas práticas de projecto, isto é, aplicação de sombreamento exterior, interior ou vidros reflectores, isolamento térmico das paredes e em especial as coberturas (pois recebem a maior parte da radiação no verão), massa térmica para armazenamento de calor e desfasamento entre as temperaturas exteriores e interiores, e aplicação de cores claras no exterior do edifício de modo a captar menos radiação ^[11].

2.4.3.2.1. VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural permite arrefecer o interior do edifício tendo como base as diferenças de temperatura interior e exterior ou a acção directa do próprio vento. Caso a temperatura interior seja maior que a temperatura exterior, as diferenças de pressão dentro e fora do edifício geram correntes de ar em que o ar quente sai do interior do edifício por janelas, portas, chaminé ou frinchas e é substituído por ar mais frio que vem do exterior. Em Portugal o clima é propício a ocorrência de grandes amplitudes térmicas diárias o que torna a ventilação natural bastante eficiente no arrefecimento dos edifícios, principalmente no final da tarde, noite e manhã ^[11].

A ventilação natural pode ser do tipo simples (com uma ou duas aberturas na mesma parede. A ventilação natural simples com uma abertura não é muito eficiente mas pode ser melhorada se forem colocadas duas aberturas.

A figura 19 esquematiza a ventilação simples de um espaço.

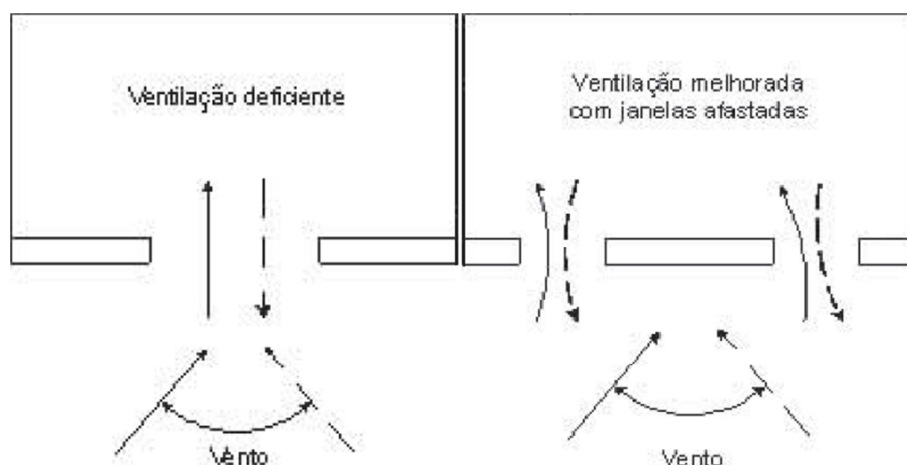


Fig. 19: Representação esquemática da ventilação simples: uma abertura (esq.), duas aberturas (dir.)^[11]

A ventilação pode ser do tipo transversal em que existe mais que uma abertura em paredes diferentes produzindo uma ventilação mais eficiente que a ventilação simples.

A figura 20 representa esquematicamente este tipo de ventilação natural.

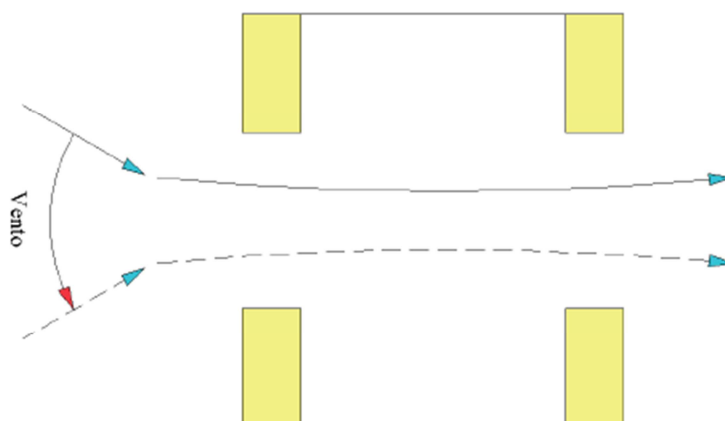


Fig. 20: Representação esquemática da ventilação transversal^[11]

A ventilação pode ser por efeito de chaminé. Esta forma de ventilação tem por base a diferença de temperatura do ar interior e exterior e o facto de que o ar mais quente torna-se mais leve e desloca-se verticalmente. O ar quente interior sobe por uma “chaminé solar” e é libertado para o exterior arrefecendo o edifício^{[11][14]}.

A figura 21 representa de forma esquemática uma “chaminé solar”.

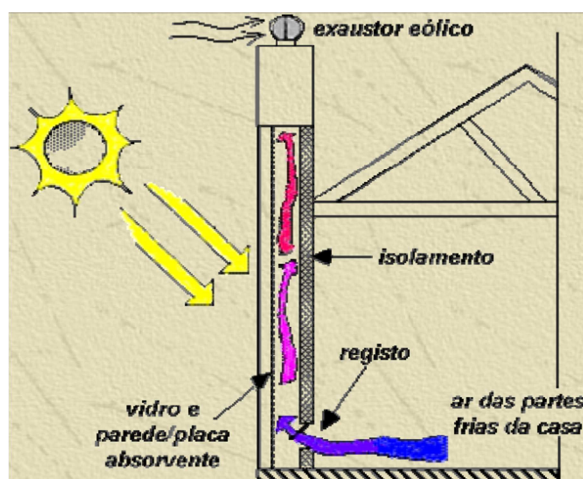


Fig. 21: Chaminé solar^[13]

2.4.3.2.2. ARREFECIMENTO PELO SOLO

O solo apresenta-se habitualmente a uma temperatura inferior à temperatura do ar exterior pelo que constitui uma boa fonte de arrefecimento. O arrefecimento pelo solo dá-se essencialmente de duas maneiras: por dissipação (condução) do calor absorvido pelas paredes e pavimento do edifício para o solo, quando em contacto com este; ou com recurso a condutas subterrâneas de ventilação que fazem passar o ar a 2/3 metros de profundidade sendo este arrefecido e depois encaminhado para o interior do edifício. Estão representados, na figura 22, alguns tipos de ventilação natural incluindo a ventilação pelo solo.

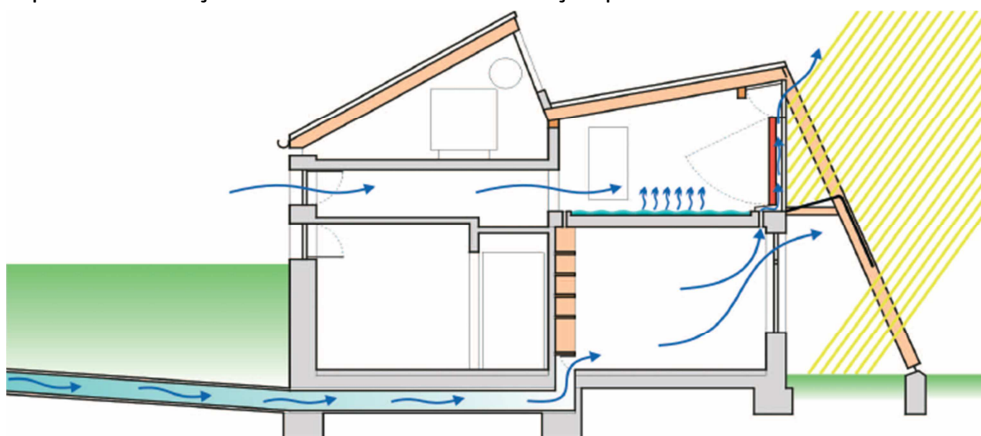


Fig. 22: Representação esquemática da Casa Solar Porto Santo – Arq. Gunther Ludewig^[11]

2.4.3.2.3. ARREFECIMENTO EVAPORATIVO

O arrefecimento evaporativo consiste na diminuição da temperatura do ar associada à mudança da água líquida para vapor. Esta técnica baseia-se na construção ou aproveitamento de fontes, lagos ou piscinas que constituem um meio de arrefecimento pois absorvem algum do calor do ar, provocando a evaporação da água, e aumentam o teor em vapor de água do ar. Esta técnica não é muito utilizada em Portugal.

2.4.3.2.4. ARREFECIMENTO RADIATIVO

Esta é uma técnica ainda em fase experimental e, portanto, pouco usada. Consiste na emissão de radiação por parte dos elementos exteriores do edifício (principalmente coberturas) o que proporciona o arrefecimento do mesmo. Este processo dá-se durante o dia ou a noite, sendo de noite que tem maior efeito devido à ausência da radiação solar. ^[11]

2.5. TECNOLOGIA SOLAR ACTIVA

A tecnologia solar activa permite converter a energia da radiação solar em calor (sistemas solares térmicos) ou electricidade (sistemas solares fotovoltaicos). O que distingue estes sistemas dos sistemas solares passivos é a utilização de equipamentos eléctricos ou mecânicos, como bombas, ventiladores, etc, para aumentar a eficiência dos sistemas e melhorar o aproveitamento da energia solar.

Segue-se uma breve descrição dos sistemas solares térmicos e dos sistemas solares fotovoltaicos.

2.5.1. SISTEMA SOLAR TÉRMICO

Estes sistemas destinam-se principalmente ao aquecimento de águas domésticas, águas de piscina ou aquecimento ambiente como se pode ver na figura 24. ^[15]

Aparte dos sistemas baseados na circulação em termosifão, os sistemas solares térmicos necessitam de um sistema, do tipo bomba ou ventilador, que force a circulação da água (ou outro fluido de acordo com o tipo de sistema utilizado) dentro do colectores. ^[15]

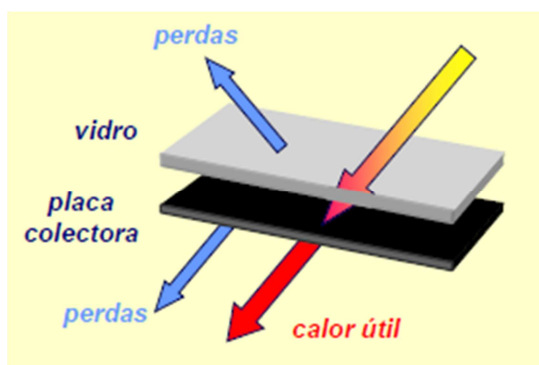


Fig. 23: Representação esquemática do balanço energético num coletor térmico ^[16]

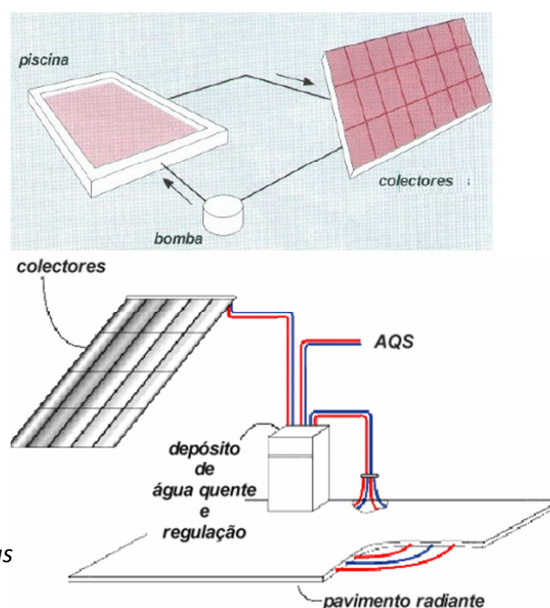


Fig. 24: Algumas utilizações possíveis para sistemas solares térmicos ^[15]

Seguem-se algumas imagens (figura 25, 26 e 27) de alguns tipos de colectores solares térmicos mais utilizados. A figura 28 mostra o rendimento comparativo entre eles.

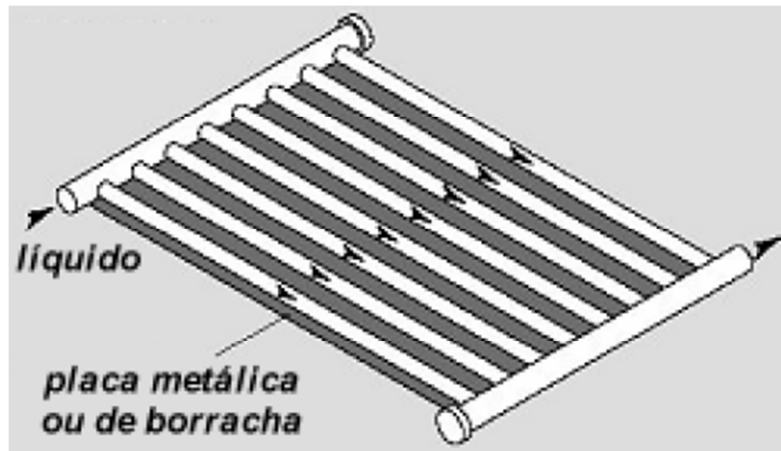


Fig. 25: Colector sem cobertura^[16]

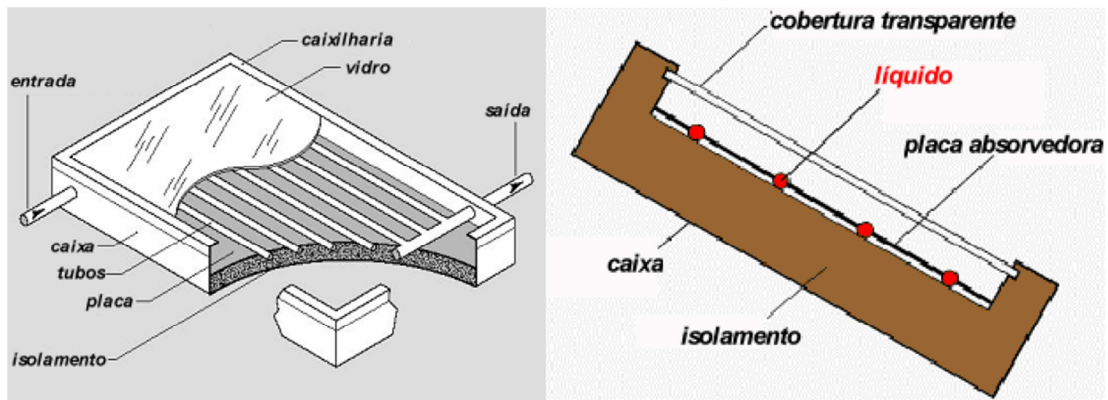


Fig. 26: Colector de placa plana^[16]

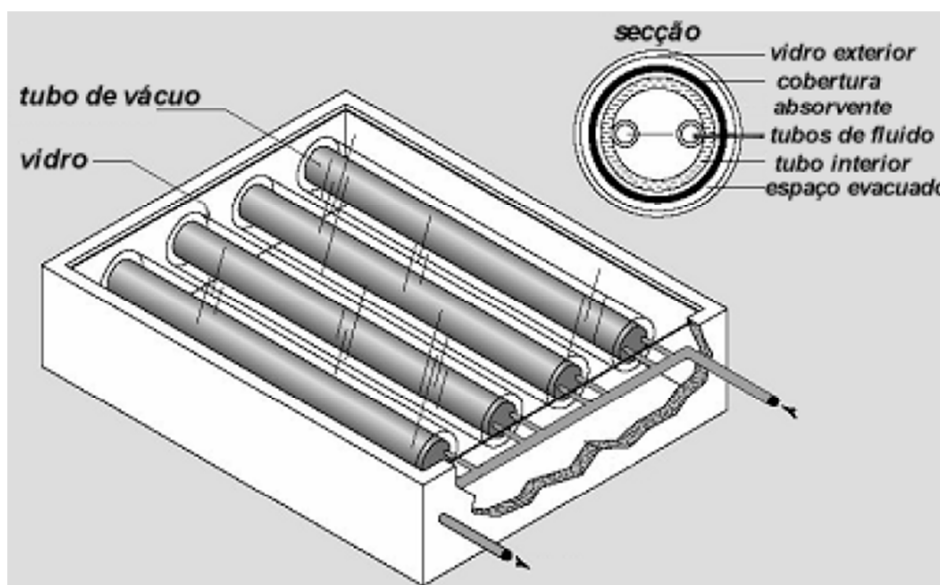


Fig. 27: Colector de tubo de vácuo^[16]

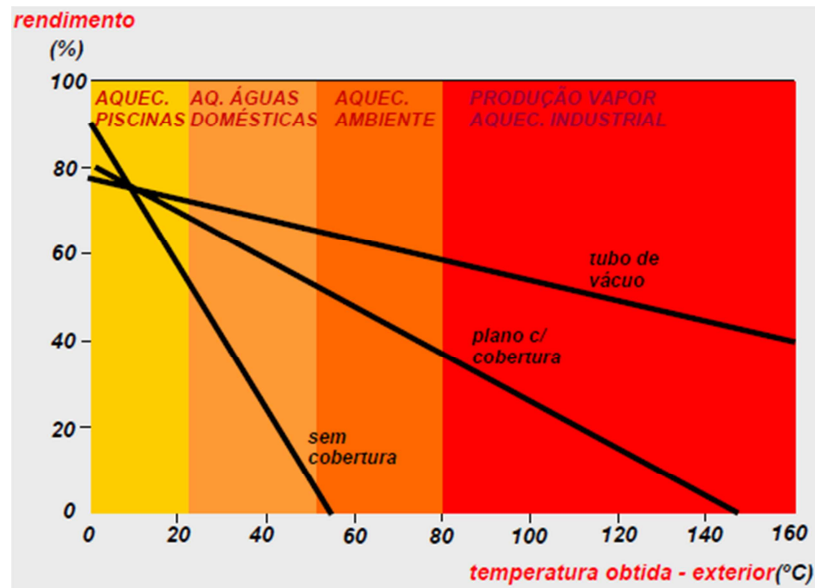


Fig. 28: Rendimento comparativo entre os tipos de colectores térmicos referidos ^[16]

Pela análise do gráfico da figura 28, pode-se concluir que, para uma maior diferença de temperaturas (ΔT entre a temperatura ambiente e a temperatura atingida pela água no colector), o rendimento do colector baixa.

Os colectores térmicos sem cobertura não conseguem atingir ΔT 's muito elevados, sendo aconselhados para aquecimento de piscinas. Por outro lado tem um maior rendimento que os restantes sistemas (aproximadamente 90%) para ΔT 's baixos a rondar os 10°C, o que confirma a sua adequação a piscinas.

Os colectores de placas planas e de tubos de vácuo são ambas boas opções quer para aquecimento de águas domésticas, quer para aquecimento ambiente por atingirem ΔT 's bastante elevados e com rendimento bastante satisfatório (aproximadamente 60% para um ΔT de 50°C). Os tubos de vácuo apresentam capacidade para aquecer água a temperaturas bastante superiores à da sua ebulição com um rendimento comparativamente mais elevado pelo que poderão ser utilizados industrialmente para produção de vapor.

2.5.2. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Este tipo de sistemas destina-se à produção de electricidade que pode ser utilizada directamente ou vendida à rede eléctrica. O princípio básico de funcionamento de uma célula fotovoltaica está esquematizado na figura 29. Na figura 30 pode ver-se o esquema geral do aproveitamento solar para produção de electricidade e utilizações possíveis.

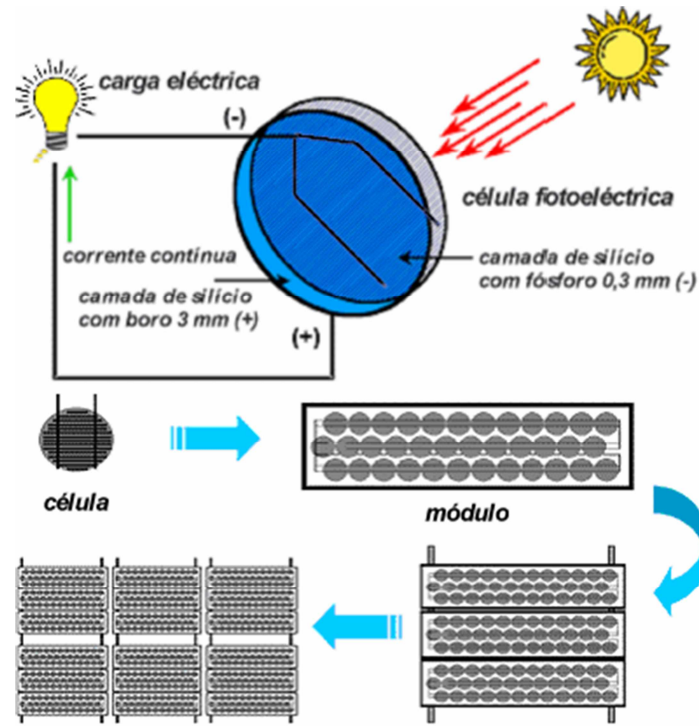


Fig. 29: Funcionamento básico de uma célula fotovoltaica e esquema de associação de células fotovoltaicas ^[17]

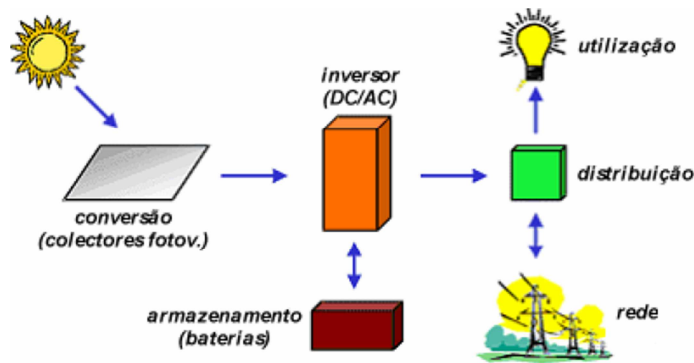


Fig. 30: Produção de electricidade a partir de painéis fotovoltaicos e destinos possíveis ^[17]

A figura 31 mostra a evolução comparativa do rendimento de algumas tecnologias solares fotovoltaicas desde 1950 e evolução estimada até 2050.

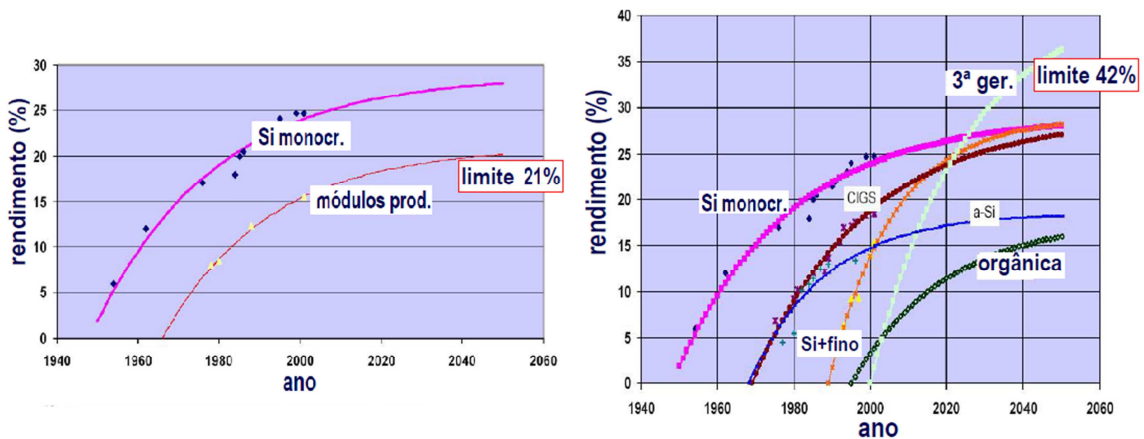


Fig. 31: Comparação da evolução dos rendimentos de várias tecnologias fotovoltaicas ^[17]

Actualmente as células de Silício monocristalino são as que apresentam maior rendimento (pouco mais de 25%). Porém este material é extremamente caro, pelo que os módulos produzidos comercialmente não são de Silício monocristalino puro o que baixa sensivelmente o seu rendimento para um limite máximo de 21% como se pode ver no gráfico da esquerda da figura 31.

O gráfico da direita (figura 31) mostra o rendimento comparativo de várias tecnologias existentes no mercado. Destaque para as novas tecnologias (3ª geração) que poderão vir a aumentar bastante o rendimento até um limite estimado de 42% num futuro não muito distante.

2.6. BOAS PRÁTICAS E BENEFÍCIOS INERENTES A UMA PRÁTICA PROJECTUAL ORIENTADA PARA A SUSTENTABILIDADE

Importa agora lembrar algumas das boas práticas já referidas anteriormente para o projecto e construção de edifícios com características bioclimáticas, isto é, edifícios que procuram ser mais sustentáveis. É de lembrar também que estas estratégias bioclimáticas são as aconselhadas em Portugal continental podendo ser diferentes para outros locais e climas do planeta.

2.6.1. INCIDÊNCIA SOLAR

Deve-se promover os ganhos solares no inverno para promover o aquecimento no interior do edifício; para tal as fachadas e envidraçados dos edifícios deverão estar orientadas para Sul. ^{[11] [14]}

Deve-se restringir ganhos solares no Verão para evitar o sobreaquecimento do interior do edifício; para tal será necessária a colocação preferencial de sombreamento exterior na parte superior dos envidraçados por ser o mais eficaz, ou então sombreamento interior (persianas) e/ou aplicação de vidros reflectores para diminuir a radiação que entra. ^{[11] [14]}

2.6.2. GANHOS E PERDAS DE CALOR

Deve-se restringir a condução, tanto no Verão como no Inverno de modo a evitar que o calor entre ou saia respectivamente para promover uma temperatura aproximadamente constante no interior do edifício; para tal deve-se isolar a envolvente do edifício com material isolante térmico e aumentar a sua inércia térmica. ^{[11] [14]}

2.6.3. ARREFECIMENTO POR VENTILAÇÃO

A ventilação natural é muito importante no verão pois a temperatura interior dos edifícios tende a aumentar, criando desconforto térmico, se não houver uma correcta circulação/troca de ar; para uma correcta ventilação deve-se utilizar as várias técnicas passivas descritas no ponto 2.4.3.2.

Já durante o Inverno a ventilação natural deve ser mantida no mínimo necessário à renovação do ar interior pois o calor tenderá a sair do interior do edifício que nesta época do ano tem uma temperatura superior à do ar exterior; deve-se então evitar infiltrações de ar através de janelas, portas, condutas, etc. ^[11]

Os benefícios decorrentes da utilização de práticas projectuais e construtivas orientadas para a sustentabilidade são muitos. Entre eles pode-se contar com:

Benefícios directos para os moradores/utilizadores:

- Aumento do conforto interior e bem-estar dos moradores/utilizadores;
- Aumento da produtividade dos trabalhadores associada ao melhoramento das condições de temperatura e iluminação;
- Diminuição do consumo energético que se traduz na redução das facturas da electricidade e do gás;
- Diminuição do consumo de água em cerca de 40% ^[1] que se traduz na redução da factura da água;
- Diminuição da produção de resíduos ou tratamento mais eficaz dos mesmos;
- Menores custos com manutenção devido a uma construção mais cuidada;
- Aumento da consciencialização das pessoas e dos projectistas/construtores devido à constatação dos benefícios claros decorrentes do uso deste tipo de práticas.

Benefícios para o ambiente:

- Redução do consumo de energia que se traduz num menor gasto de combustíveis fósseis e derivados;
- Redução do consumo de materiais e conseqüentemente da extracção dos mesmos e dos impactes associados;
- Diminuição das emissões de CO₂ bastante significativa (40-50%) ^[1];
- Diminuição de GEE e outros poluentes perigosos para o ambiente;
- Contribuição para um desenvolvimento mais sustentável.

2.7. LIDERA – SISTEMA DE AVALIAÇÃO VOLUNTÁRIO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO

“O sistema LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspectiva da sustentabilidade, assumindo-se como um sistema para liderar pelo ambiente” [18].

Este sistema de certificação foi desenvolvido pelo Prof. Dr. Manuel Duarte Pinheiro como resultado da sua investigação na área da sustentabilidade das construções e ambientes construídos. O sistema LiderA tem como objectivo o acompanhamento nas diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento.



Fig. 32: Visão geral do sistema LiderA [18]

O desempenho de um edifício em termos de sustentabilidade é classificado em termos de uma escala que vai desde a classe E (prática construtiva usual) até à classe A+++ (prática sustentável com efeitos ambientais neutros ou até regenerativos) [18].

Na tabela 6 estão as diferentes classes e sua descrição.

Tabela 6: Classes de desempenho ambiental LiderA

Classe de desempenho	Descrição
E	Classe de desempenho igual à prática usual ou classe de referência
D	Classe que representa uma melhoria de 12,5% em relação à classe de referência
C	Classe que representa uma melhoria de 25% em relação à classe de referência
B	Classe que representa uma melhoria de 37,5% em relação à classe de referência
A	Classe que representa uma melhoria de 50% em relação à classe de referência
A+	Classe que representa uma melhoria de 75% em relação à classe de referência; factor 4*
A++	Classe que representa uma melhoria de 90% em relação à classe de referência; factor 10**
A+++	Classe que representa um desempenho ambiental neutral ou regenerativo (impacte ambiental neutro ou positivo)

*Factor 4: significa conseguir a mesma produtividade com 1/4 dos recursos que usualmente seriam necessários, isto é, ser 4 vezes mais eficiente no uso dos recursos disponíveis.

**Factor 10: significa conseguir a mesma produtividade com 1/10 dos recursos que usualmente seriam necessários, isto é, ser 10 vezes mais eficiente no uso dos recursos disponíveis.

As situações A+, A++ e A+++ são tidas como muito sustentáveis e, por norma, poderá ter custos elevados alcançar tais níveis de sustentabilidade. No caso particular da classe A+++ poderá ser economicamente inviável. Já as classes C, B e A poderão ser alcançadas sem grandes custos financeiros, recorrendo às boas práticas projectuais, nomeadamente à arquitectura bioclimática. ^[18]

2.7.1. VERSÕES ANTERIORES DO SISTEMA LIDERA (V1.01 E V1.2)

As primeiras versões do sistema LiderA foram propostas em 2005. Os princípios do sistema LiderA para que um edifício possa alcançar a sustentabilidade eram, para estas primeiras versões:

- Princípio 1 - Respeitar a dinâmica local e potenciar os impactes positivos;
- Princípio 2 - Eficiência no consumo de recursos;
- Princípio 3 - Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 - Assegurar a qualidade do ambiente interior;
- Princípio 5 - Assegurar a qualidade do serviço;
- Princípio 6 - Assegurar a gestão ambiental e a inovação.



Fig. 33: LiderA v1.01 e v1.2 (2005) ^[18]

Nas tabelas 7 e 8 estão as vertentes, áreas e critérios destas primeiras versões do sistema LiderA. As duas versões são muito semelhantes, mudando apenas a denominação em alguns critérios.

Tabela 7: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v1.01^[2]

Vertente	Área	Critério	Nº Critério	
<i>Local e Integração</i>	Solo	Seleção do local – Análise macro e planeamento	C1	
		Área ocupada pelo edificado	C2	
		Assegurar as funções ecológicas do solo	C3	
	Ecosistemas naturais	Protecção das zonas naturais	C4	
		Valorização Ecológica	C5	
	Paisagem	Integração e valorização local	C6	
	Amenidades	Valorização das amenidades locais	C7	
9 Critérios 18%	Mobilidade	Mobilidade de baixo impacte	C8	
		Acesso a transportes públicos	C9	
<i>Recursos</i>	Energia	Desempenho energético passivo	C10	
		Redução do consumo de electricidade	C11	
		Electricidade produzida a partir de fontes renováveis	C12	
		Redução do consumo de outras fontes de energia	C13	
		Uso de outras formas de energia renovável	C14	
	Água	Eficiência dos equipamentos	C15	
		Redução dos consumos de água para abastecimento doméstico	C16	
		Redução dos consumos de água nos espaços comuns e exteriores	C17	
		Controlo dos consumos e perdas	C18	
		Utilização de águas pluviais	C19	
	Materiais	Gestão das águas locais	C20	
		Baixa intensidade em materiais	C21	
		Materiais locais	C22	
		Materiais reciclados e renováveis	C23	
		Materiais certificados ambientalmente/Materiais de baixo impacte	C24	
<i>Cargas Ambientais</i>	Efluentes	Caudal de águas residuais	C25	
		Tipo de tratamento das águas residuais	C26	
		Caudal de reutilização de águas usadas	C27	
	Emissões atmosféricas	Redução das emissões de CO ₂	C28	
		Redução de outros poluentes: Partículas, SO ₂ e NO _x	C29	
		Ausência de emissões de CFC's	C30	
	Resíduos	Redução da produção de resíduos	C31	
		Gestão de resíduos perigosos	C32	
		Percentagem de resíduos valorizados	C33	
	11 Critérios 22%	Ruído exterior	Redução das fontes de ruído para o exterior	C34
		Efeitos térmicos	Redução do efeito de ilha de calor	C35
<i>Ambiente Interior</i>	Qualidade do ar interior	Ventilação e contributo natural	C36	
		Eliminar Compostos Orgânicos Voláteis	C37	
		Prevenção de micro contaminações	C38	
	Conforto térmico	Nível de conforto térmico	C39	
	Luz natural	Níveis de iluminação	C40	
		Iluminação natural	C41	
	8 Critérios 16%	Acústica	Isolamento acústico/Níveis sonoros	C42
		Controlo	Capacidade de controlo	C43
<i>Durabilidade e Acessibilidade</i> 4 Critérios 8%	Durabilidade	Adaptabilidade/modularidade	C44	
		Durabilidade	C45	
	Acessibilidade	Acessibilidade a pessoas portadoras de deficiência	C46	
		Acessibilidade e relações com a comunidade	C47	
<i>Gestão Ambiental e Inovação</i> 3 Critérios 6%	Gestão ambiental	Informação ambiental	C48	
		Sistema de gestão ambiental	C49	
	Inovação	Inovações de práticas, soluções ou integrações	C50	

Tabela 8: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v1.2 ^[18]

Vertente	Área	Critério	Nº Critério	
<i>Local e Integração</i>	Solo	Seleção do local	C1	
		Área ocupada	C2	
		Funções ecológicas do solo	C3	
	Ecologia	Áreas naturais	C4	
		Valorização Ecológica	C5	
	Paisagem	Integração local	C6	
	Amenidades	Amenidades locais	C7	
9 Critérios 18%	Mobilidade	Mobilidade de baixo impacte	C8	
		Acesso a transportes públicos	C9	
<i>Recursos</i>	Energia	Desempenho energético passivo	C10	
		Consumo de electricidade total	C11	
		Consumo de electricidade produzida a partir de fontes renováveis	C12	
		Consumo de outras fontes de energia	C13	
		Consumo de outras formas de energia renovável	C14	
	Água	Eficiência dos equipamentos	C15	
		Consumo de água potável (espaços interiores)	C16	
		Consumo de água nos espaços exteriores	C17	
		Controlo dos consumos e perdas	C18	
		Utilização de águas pluviais	C19	
	Materiais	Gestão das águas locais	C20	
		Consumo de materiais	C21	
		Materiais locais	C22	
		Materiais reciclados e renováveis	C23	
		Materiais certificados ambientalmente/Materiais de baixo impacte	C24	
<i>Cargas Ambientais</i>	Efluentes	Caudal de águas residuais	C25	
		Tipo de tratamento das águas residuais	C26	
		Caudal de reutilização de águas usadas	C27	
	Emissões atmosféricas	Substâncias com potencial de aquecimento global (GEE)	C28	
		Partículas e/ou Substâncias com potencial acidificante (SO ₂ , NOx)	C29	
		Substâncias com potencial de afectação da camada de ozono (CFC's)	C30	
	Resíduos	Produção de resíduos	C31	
		Gestão de resíduos perigosos	C32	
		Reciclagem de resíduos	C33	
	11 Critérios 22%	Ruído exterior	Fontes de ruído para o exterior	C34
		Poluição térmica	Efeitos térmicos (efeito de ilha de calor)	C35
<i>Ambiente Interior</i>	Qualidade do ar interior	Ventilação natural	C36	
		Emissões de COVs	C37	
		Micro contaminações	C38	
	Conforto térmico	Conforto térmico	C39	
	Iluminação	Níveis de iluminação	C40	
		Iluminação natural	C41	
	8 Critérios 16%	Acústica	Isolamento acústico/Níveis sonoros	C42
		Controlabilidade	Controlabilidade	C43
<i>Durabilidade e Acessibilidade</i> 4 Critérios 8%	Durabilidade	Adaptabilidade	C44	
		Durabilidade	C45	
	Acessibilidade	Acessibilidade a pessoas portadoras de deficiências	C46	
		Acessibilidade e interacção com a comunidade	C47	
	<i>Gestão Ambiental e Inovação</i> 3 Critérios 6%	Gestão ambiental	Informação ambiental	C48
Sistema de gestão ambiental			C49	
Inovação		Inovações de práticas, soluções ou integrações	C50	

2.7.2. LIDERA V2.0 (2009)

A versão mais recente do sistema LiderA está disponível desde Março de 2009. Esta nova versão destina-se, não só a edifícios, mas também a espaços exteriores como quarteirões, bairros e empreendimentos de várias escalas ^[18].

Os princípios do sistema LiderA v2.0 (2009) para que um edifício alcance a sustentabilidade são:

- Princípio 1 - Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 - Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 - Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 - Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 - Fomentar as vivências sócio-económicas sustentáveis;
- Princípio 6 - Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.



Fig. 34: LiderA v2.0 (2009) ^[18]

Além do aumento da aplicabilidade do sistema e da alteração de alguns princípios, ocorreu ainda algumas alterações no que diz respeito às vertentes, áreas e critérios. A tabela 9 contém a versão mais recente das vertentes, áreas e critérios:

Tabela 9: Vertentes, áreas e critérios do sistema LiderA v2.0 ^[19]

Vertente	Área	Ponderação	Critério	Nº Critério	
<i>Integração local</i>	Solo	7%	Valorização territorial	C1	
			Optimização ambiental da implantação	C2	
6 Critérios 14%	Ecossistemas naturais	5%	Valorização ecológica	C3	
			Interligação de habitats	C4	
	Paisagem e património	2%	Integração paisagística local	C5	
			Protecção e valorização do património	C6	
<i>Recursos</i>	Energia	17%	Certificação energética	C7	
			Desenho passivo	C8	
			Intensidade em carbono (e eficiência energética)	C9	
9 Critérios 32%	Água	8%	Consumo de água potável	C10	
			Gestão das águas locais	C11	
	Materiais	5%	Durabilidade	C12	
			Materiais locais	C13	
	Alimentares	2%	Materiais de baixo impacte	C14	
		Produção local de alimentos	C15		
<i>Cargas ambientais</i>	Efluentes	3%	Tratamento de águas residuais	C16	
			Caudal de reutilização de águas usadas	C17	
	Emissões atmosféricas	2%	Caudal de emissões atmosféricas	C18	
			Produção de resíduos	C19	
	Resíduos	3%	Gestão de resíduos perigosos	C20	
			Reciclagem de resíduos	C21	
	Ruído exterior	3%	Fontes de ruído para o exterior	C22	
	8 Critérios 12%	Poluição iluminação-térmica	1%	Efeitos térmicos (ilha de calor) e luminosos	C23
<i>Conforto ambiental</i>	Qualidade do ar	5%	Níveis de qualidade do ar	C24	
			Conforto térmico	C25	
4 Critérios 15%	Iluminação e acústica	5%	Níveis de iluminação	C26	
			Isolamento acústico/níveis sonoros	C27	
			Acesso aos transportes públicos	C28	
<i>Vivências sócio-económicas</i>	Acesso para todos	5%	Mobilidade de baixo impacte	C29	
			Soluções inclusivas	C30	
			Flexibilidade – adaptabilidade aos usos	C31	
	Diversidade económica	4%	Dinâmica económica	C32	
			Trabalho local	C33	
	Amenidades e interacção social	4%	Amenidades locais	C34	
			Interacção com a comunidade	C35	
	13 Critérios 19%	Participação e controlo	4%	Capacidade de controlo	C36
				Governância e participação	C37
				Controlo de riscos naturais – (safety)	C38
Controlo de ameaças humanas – (security)				C39	
Custo no ciclo de vida				2%	Baixos custos no ciclo de vida
<i>Uso sustentável</i>	Gestão ambiental	6%	Condições de utilização ambiental	C41	
			Sistema de gestão ambiental	C42	
	Inovação	2%	Inovações	C43	

3. ANÁLISE DE UM CASO DE ESTUDO NA SOARES DA COSTA E COMPARAÇÃO COM UM CASO MODELO

3.1. CASO DE ESTUDO MODELO – HOTEL JARDIM ATLÂNTICO

Proprietário: Refúgio Atlântico – Exploração Hoteleira e Turística, S.A.

Área do terreno: O hotel ocupa um terreno cuja área totaliza os 19.808 m²

Tipo: Turístico – Hotel de 4 estrelas

Inserção: Zona rural – Lombo da Rocha, Prazeres, Madeira

Gestor Ambiental: Sr^o José Manuel Teixeira

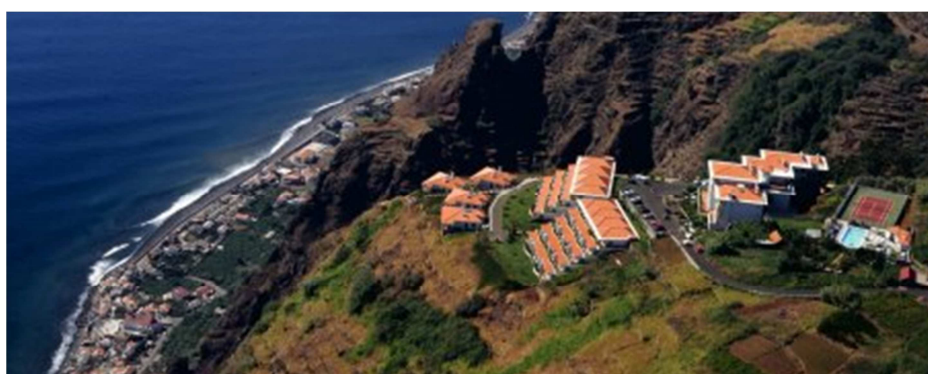


Fig. 35: Hotel Jardim Atlântico ^[20]

O Hotel Jardim Atlântico começou a ser construído em 1991 e terminou em 1993. É constituído por 89 apartamentos (61 T0's, 26 T1's e 2 T2's) e 8 *bungallows* T1. A sua construção foi adaptada à topografia do terreno e teve em boa consideração o ambiente. ^[2]

Encontra-se integrado numa vasta área verdejante natural nas proximidades do Parque Natural da Madeira. Entre outros oferece uma vista privilegiada, passeios a pé em natureza virgem e visitas a uma quinta pedagógica. ^[2]

Desde 1994 que tem mostrado grande preocupação com os aspectos ambientais, nomeadamente no que respeita à energia, resíduos, água, efluentes, qualidade do ar interior, ambiente sonoro e impacte paisagístico. Os funcionários recebem formação e informação sobre os aspectos e práticas ambientais de forma a sensibilizar os hóspedes para uma boa conduta ambiental ^[2]. As medidas ambientais implementadas estão descritas na tabela 10.

Para além dos benefícios económicos decorrentes da boa gestão ambiental, o Hotel Jardim Atlântico tem também várias certificações ambientais. Tem certificação NP EN ISO 14001 desde Julho de 2002, certificação ECOHOTEL em Maio de 2003, e Rótulo ecológico comunitário *European Ecolabel* em Novembro de 2004. Actualmente participa num projecto de certificação EMAS. ^[2]

Tabela 10: Perfil ambiental das medidas implementadas no Hotel Jardim Atlântico

Vertente	Área	Nº Critério	Medidas implementadas
Local e integração	Paisagem	C6	Planeamento e construção de forma a ficar integrado e adaptado no ambiente natural envolvente; minimização do impacte visual da estrutura.
	Amenidades	C7	Restaurante; snack-bar; centro com salão de beleza, hidromassagem, chocoterapia, vinhoterapia, solário, ginásio e sauna; zonas de lazer; áreas ajardinadas; quinta pedagógica; Parque Natural da madeira a 2km; oceano Atlântico; vereda para passeios a pé.
Recursos	Energia	C11	Cartões chave como controladores de electricidade quando o quarto não está ocupado, eliminando gastos de stand-by; utilização exclusiva de lâmpadas de baixo consumo (mais de 60% de eficiência energética Classe A); implementação de sensores de movimento, foto células e relógios para diminuir o tempo das iluminações e regular o tempo de trabalho de máquinas e outros equipamentos; adequação dos programas de lavagem de máquinas de roupa para maximizar o rendimento da lavagem.
		C15	Lâmpadas de baixo consumo; aparelhos e máquinas de baixo consumo (Classe A); optimização da localização dos aparelhos para minimizar trocas de energia/calor (exemplo: fogão e frigorífico afastados).
	Água	C16	Instalação de redutores nas torneiras (max 12 L/min excepto nas banheiras e chuveiros); redução dos depósitos das sanitas para 6 L (poupança de 40%) e colocação de instruções para o uso ideal do mesmo; aproveitamento da água do desumidificador para o ferro de engomar, radiadores de automóveis e fontes ornamentais; mudança da roupa de banho e de cama apenas uma vez por semana ou a pedido do hóspede se este achar necessário.
		C19	Instalação de calhas ao longo dos beirais que permitem a recolha da água da chuva que é armazenada num tanque e utilizada para rega dos jardins.
		C20	Controlo das águas de escorrência do telhado; retenção e tratamento, no local, de efluentes; utilização de adubo proveniente do compostor orgânico, fertilizantes biológicos e insecticidas biológicos; levadas, ribeiras e sifões são mantidos limpos para um melhor escoamento das águas.
	Efluentes	C25	Medidas de poupança de água conduzem a uma diminuição dos efluentes produzidos.
C26		ETAR existente no hotel trata todas as águas residuais do mesmo.	
C27		A água tratada é, em grande parte, reutilizada na rega dos jardins.	
Cargas ambientais	Resíduos	C31	Eliminação de embalagens individuais; utilização de papel reciclado; utilização do composto resultante de resíduos orgânicos recolhidos na cozinha e nos apartamentos; colocação de doseadores de sabonete recarregáveis em vez de sabonetes individuais; utilização de cestos de pão em vez de pão em saquetas individuais; não se utilizam garrafas de água em plástico; entre outros.
		C32	Redução na produção de resíduos perigosos nomeadamente pela sua substituição por outros como produtos biodegradáveis e desinfecção da água das piscinas com um produto derivado do mar (Aquabromo) em vez de cloro; gestão e minimização da perigosidade dos resíduos; recarga de embalagens de produtos de limpeza em vez da aquisição de novas.
		C33	Valorização do vidro, papel/cartão, plástico, latas (metal), caixas de madeira, resíduos orgânicos, baterias, óleo usado e resíduos indiferenciados.
	Efeitos térmicos	C35	Implementação de zonas exteriores ajardinadas; utilização de cores claras nos edifícios; implementação de piscinas exteriores com queda de água.
Ambiente interior	Qualidade do ar interior	C36	Ventilação natural exclusiva em todos os quartos sem equipamentos de ar condicionado.
		C38	Eliminação de <i>legionella</i> através de verificações periódicas do <i>chiller</i> e ar condicionado (nas zonas públicas); Proibição de fumar em zonas comuns como o restaurante e parte da sala de estar; utilização de produtos biodegradáveis evitando contaminação por pesticidas.
	Conforto térmico	C39	Isolamento térmico adequado.
Durabilidade e acessibilidade	Acessibilidade	C47	Compra de produtos locais; disponibilização de excedentes, em boa qualidade, para os mais carenciados; donativos de bens incluindo mobiliário, televisores, etc aos funcionários e à igreja quando substituídos por novos.
Gestão ambiental e inovação	Gestão ambiental	C48	Campanhas de formação e informação; sensibilização e formação dos funcionários para a política e práticas ambientais; cooperação com a câmara e outras entidades.
		C49	Sistema de gestão ambiental certificado pela NP EN ISSO 14001; certificação ECO-HOTEL (TUV Rheinland); rótulo ecológico comunitário (European Ecolabel).

3.2. CASO DE ESTUDO DA SOARES DA COSTA – HOTEL STAR INN

Proprietário: Mini Price Hotels (Porto), S.A.

Construtores: Hotti Hotéis e Soares da Costa

Tipo: Turístico – Hotel de 3 estrelas

Inserção: Zona urbana – Rua Sr^a da Hora, Porto, Portugal



Fig. 36: Hotel Star Inn ^[20]

O Hotel Star Inn começou a ser construído em 1996 e terminou em 1998. O projecto constituiu na requalificação da antiga sede da Soares da Costa na rua Sr^a da Hora no Porto. Este empreendimento surgiu de uma parceria dos grupos Soares da Costa e Hotti Hotéis que constituíram a Mini Price Hotels, SA. ^{[21] [22]}

O conceito que está por base deste empreendimento é o mesmo das companhias aéreas low-cost. O Hotel Star Inn procura dar o conforto de um hotel de 3 estrelas (ou até superior) a preços muito competitivos e com a ideologia de que quanto maior a antecedência da reserva, e de acordo com a disponibilidade, menor o preço. Para tal são descartados todos os gastos supérfluos e luxos desnecessários (não tem restaurante por exemplo), mantendo sempre um design jovem e um serviço de qualidade. ^[23]

O hotel é constituído por 206 quartos entre quartos de solteiro, quartos duplos, quartos triplos e até quartos para 4 pessoas.

Encontra-se integrado num meio urbano, no centro da cidade do Porto, junto à estrada da circunvalação.

Na tabela 11 está o perfil ambiental do Hotel Star Inn de acordo com os critérios do sistema LiderA.

Tabela 11: Perfil ambiental das medidas implementadas no Hotel Star Inn

Vertente	Área	Nº Critério	Medidas implementadas
Local e integração	Solo	C1	Requalificação do local da antiga sede da Soares da Costa com aproveitamento de grande parte da estrutura já existente.
	Amenidades	C7	Café/Bar; Localização privilegiada no centro do Porto com proximidade a todo o tipo de serviços tais como farmácias, hospitais, restaurantes, bares, etc.
	Mobilidade	C9	Por se encontrar no centro do Porto tem acesso próximo a transportes públicos como autocarros, metro, táxis, etc.
Recursos	Energia	C11	Promoveu-se a poupança de electricidade através da utilização de lâmpadas mais eficientes.
		C15	Utilização de lâmpadas mais eficientes do tipo fluorescente normal de 58W, 36W e 18W.
Ambiente interior	Qualidade do ar interior	C36	Ventilação dos espaços interiores de forma mecânica com recurso a sistemas de ar condicionado.
	Conforto térmico	C39	Isolamento térmico adequado; utilização de equipamentos de ar condicionado.
	Luz natural	40	São garantidos os níveis de iluminação recomendados para os locais e actividades desenvolvidas no Hotel Star Inn.
		41	A luz eléctrica é utilizada como complemento da luz natural ou para suprir a falta desta.
Acústica	42	Tratamento acústico adequado de acordo com a legislação em vigor.	

O projecto consistiu na requalificação da antiga sede da Soares da Costa, tendo sido aproveitada parte da estrutura já existente. Assim, verificou-se a **recuperação e valorização do local (C1)**.^[24]

No que respeita às **amenidades (C7)**, o Hotel Star Inn, devido ao conceito que representa, não tem um restaurante luxuoso. Porém tem um pequeno café/bar que satisfaz as necessidades dos hóspedes^{[23] [21] [22]}. Por encontrar-se situado no centro da cidade do Porto tem também proximidade aos mais variados serviços (hospitais, farmácias, restaurantes, bares, etc).

No que respeita à mobilidade, pelo facto de se encontrar no centro da cidade do Porto, tem acesso fácil e próximo a diversos **transportes públicos (C9)** (autocarros, metro, táxis, etc).

Para **redução do consumo de electricidade (C11)** optou-se pela utilização de lâmpadas **mais eficientes (C15)** do tipo fluorescentes normais de 58W, 36W e 18W^[25].

Quanto à **ventilação (C36)**, esta é assegurada de forma mecânica com recurso a sistemas de ar condicionado^[26].

O edifício foi revestido com o devido isolamento térmico e aplicação de equipamentos de ar condicionado que asseguram o **conforto térmico (C39)** no interior do mesmo^{[26] [27]}.

Os **níveis de iluminação (C40)** são os recomendados para os diferentes locais e actividades desenvolvidas no Hotel Star Inn^[25]. A iluminação eléctrica é feita como complemento da **luz natural (C41)** ou para suprir a falta desta^[25].

Do mesmo modo o **isolamento acústico (C42)** foi aplicado adequadamente respeitando a legislação em vigor para o caso em estudo (edifícios de habitação e mistos): Decreto-Lei nº 292/00 e no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Decreto-Lei nº 129/02^[27].

3.3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS DE ESTUDO

Como o estudo do caso do Hotel Jardim Atlântico foi feito antes de 2009, a versão utilizada do sistema lidera não foi a 2.0 mas sim a versão 1.01. Assim, por uma questão de conformidade dos critérios usados, o perfil ambiental do Hotel Star Inn foi também analisado segundo esta versão anterior do sistema LiderA.

Tabela: 12: Critérios abrangidos pelos dois empreendimentos

Empreendimento	Critérios Abrangidos
Hotel Jardim Atlântico	C6 – Integração e valorização local
	C7 – Valorização das amenidades locais
	C11 – Redução do consumo de electricidade
	C15 – Eficiência dos equipamentos
	C16 – Redução do consumo de água para abastecimento doméstico
	C19 – Utilização de águas pluviais
	C20 – Gestão das águas locais
	C25 – Caudal de águas residuais
	C26 – Tipo de tratamento das águas residuais
	C27 – Caudal de reutilização de águas usadas
	C31 – Redução da produção de resíduos
	C32 – Gestão de resíduos perigosos
	C33 – Percentagem de resíduos valorizados
	C35 – Diminuição do efeito de ilha de calor
	C36 – Ventilação e contributo natural
	C38 – Prevenção de micro contaminações
	C39 – Nível de conforto térmico
	C47 – Acessibilidade e relações com a comunidade
	C48 – Informação ambiental
C49 – Sistema de gestão ambiental	
Hotel Star Inn	C1 – Selecção do local – Análise macro e planeamento
	C7 – Valorização das amenidades locais
	C9 – Acesso a transportes públicos
	C11 – Redução do consumo de electricidade
	C15 – Eficiência dos equipamentos
	C36 – Ventilação e contributo natural
	C39 – Nível de conforto térmico
	40 – Níveis de iluminação
41 – Iluminação natural	
42 – Isolamento acústico/Níveis sonoros	

Os critérios a sombreado são comuns aos dois empreendimentos turísticos em estudo. São eles:

- C7 – no caso do Hotel Jardim Atlântico existem diversas amenidades construídas mas também naturais enquanto que no Hotel Star Inn prevalecem as amenidades construídas devido à sua localização em meio urbano;

- C11 – as soluções de poupança de electricidade adoptadas pelo Hotel Jardim Atlântico são bastante mais numerosas e eficientes do que as adoptadas no Hotel Star Inn;
- C15 – do mesmo modo os equipamentos utilizados pelo Hotel Jardim Atlântico são bastante mais eficientes em termos energéticos até porque no Hotel Star Inn apenas se implementou lâmpadas de consumo mais baixo (não encontrei informação de utilização de outros equipamentos de classes B ou A ou até superior);
- C36 – a ventilação assegura as condições de conforto necessárias em ambos os empreendimentos no entanto, no Hotel Star Inn esta é feita com recurso a sistemas mecânicos de climatização enquanto que no Hotel Jardim Atlântico prevalece a utilização de sistemas passivos de ventilação natural (não há ar condicionado nos quartos) com excepção de algumas zonas comuns que são auxiliadas por sistemas mecânicos;
- C39 – os níveis de conforto térmico são assegurados em ambos os empreendimentos tendo sido aplicado o isolamento térmico adequado.

No caso de estudo do Hotel Jardim Atlântico, destaca-se a eficiência dos equipamentos utilizados (classe A), o tratamento de águas residuais no local e reutilização das águas tratadas para rega, a valorização de resíduos bem como a minimização da produção de resíduos perigosos, e a informação e gestão ambiental que leva à cooperação dos funcionários, hóspedes e outras entidades que contribuem para uma gestão ambiental exemplar.

Quanto ao caso de estudo do Hotel Star Inn, destaca-se a requalificação e aproveitamento de um edifício já existente para a construção deste empreendimento, acesso facilitado a amenidades locais e transportes públicos variados, e o bom tratamento acústico aplicado que respeita a legislação em vigor.

Em suma, pela comparação dos dois empreendimentos turísticos pode-se concluir que o caso do Hotel Star Inn, apesar de apresentar alguns aspectos positivos, fica muito aquém de um modelo ideal nomeadamente pela falta de soluções ao nível das cargas ambientais, pela escassez de soluções que permitam poupar nos recursos, e pela dependência da energia eléctrica em termos de climatização interior e aquecimento de águas sanitárias, faltando soluções passivas (e também activas) de aproveitamento da energia solar e do clima local.

4. ALGUNS CONCELHOS PARA MELHORIA DAS PRÁTICAS PROJECTUAIS NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Considerando que a situação actual do grupo Soares da Costa representa de uma forma aproximada a situação geral das restantes empresas de construção civil em Portugal, pretende-se, neste capítulo, extrapolar para as empresas em geral alguns concelhos para melhoria das práticas projectuais e escolha de materiais mais ambientalmente correctos.

4.1. SITUAÇÃO ACTUAL NO GRUPO SOARES DA COSTA

A Soares da Costa tem vindo a construir uns edifícios mais e outros menos preocupados com o ambiente. Ao que foi averiguado, sobre aplicação de métodos solares passivos, tem sido aplicados os dispostos na regulamentação em vigor, nomeadamente espessamento das paredes, aplicação de isolamento ETICS, sombreamento de fachadas e coberturas tratadas. Também têm sido aplicados sistemas solares de aquecimento de águas quentes sanitárias.

De fora tem ficado sistemas passivos como paredes de trombe, poços de ventilação e métodos de arrefecimento por evaporação. Aplicação de técnicas solares activas como os painéis fotovoltaicos também não tem sido utilizada.

A situação da Soares da Costa representa o que hoje em dia mais se faz em construção civil, isto é, a aplicação dos requisitos mínimos legais.

Apesar de começarem a aparecer algumas inovações, como a implementação de sistemas solares passivos e a aplicação de painéis solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias, ainda são poucas as iniciativas que realmente permitem diminuir a dependência energética dos edifícios e caminhar no sentido da sustentabilidade.

Há então a necessidade de melhorar as práticas projectuais, nomeadamente a implementação dos sistemas de aproveitamento passivo da energia solar e das condições climáticas locais, e investir mais fortemente nas novas tecnologias de aproveitamento activo da energia solar.

4.2. ALTERAÇÃO DE PRÁTICAS PROJECTUAIS NAS EMPRESAS EM GERAL

O cenário geral das práticas projectuais na projecção e construção de edifícios em Portugal será muito semelhante ao do grupo Soares da Costa, pois esta empresa é uma das maiores e mais bem sucedidas empresas de construção civil em Portugal.

Assim, para melhoria das práticas projectuais das empresas de construção civil em geral aconselha-se a aquisição ou continuação da aplicação das práticas relativas à incidência solar, ganhos e perdas de calor, e arrefecimento por ventilação que estão referidas no ponto 2.4.1 e 2.6 deste trabalho bem como as diferentes técnicas de aquecimento e arrefecimento passivo descritas no ponto 2.4.3.

4.3. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Alguns materiais comuns podem ser substituídos por outros materiais naturais, materiais reciclados ou materiais menos poluentes (sem COV's por exemplo).

A utilização de tais materiais permite minimizar os efeitos negativos que os edifícios têm no ambiente. Podem inclusive aumentar a eficiência e funcionalidade das estruturas ou simplesmente contribuir para a diminuição do uso de matérias-primas e conseqüentemente da sua extracção e respectivos impactes associados.

Alguns materiais naturais já têm sido utilizados há algum tempo, porém em pouca quantidade, como aditivos ou mistura com outros materiais. A terra, por exemplo, têm sido utilizada há milhares de anos para construção de paredes, no entanto foi substituída por tijolo e betão. Mais recentemente (por volta de 1920), nos estados unidos, a taipa (género de terra batida) foi considerada como um bom material de construção à prova de fogo sendo também uma material muito resistente e durável (exemplo da Muralha da China). Outros materiais como o adobe (mistura de areia, argila e água) utilizado no sudoeste dos EUA e em vários países de língua espanhola, a palha utilizada em casas campinas em África, e o bambu, são bons exemplos de materiais naturais que podem ser utilizados para a construção.^[28]

Também materiais reaproveitados ou reciclados bem como colas, tintas e outros materiais livres de compostos tóxicos poluentes como COV's (compostos orgânicos voláteis) são uma boa opção em termos ambientais pois reduzem a necessidade de extracção de novos materiais e reduzem a poluição e contaminação contribuindo para uma construção mais sustentável.

Seguem-se alguns exemplos de materiais alternativos mais naturais e amigos do ambiente que podem substituir ou ser adicionados aos materiais que normalmente são utilizados como cimento, areia, tijolo, madeira, ferro, etc.

4.3.1. PEDRA

A rocha é um óptimo material natural para substituir outros materiais como o tijolo e o betão. Além de não ser prejudicial ao ambiente, tem uma boa massa térmica e isolamento térmico. Estas características permitem manter uma temperatura interior constante evitando perdas ou ganhos de calor. A rocha é também muito resistente e durável.

Fragmentos de rocha partidos, calcário e lajes de pedra podem ser utilizados para diversas construções como se pode ver na figura seguinte.



Fig. 37: A – Construções com lajes de pedra; B – Fragmentos de rocha; C – Igreja construída com pedra calcária. ^[29]

4.3.2. PALHA

A palha em fardos pode ser usada para construção de paredes apoiadas numa estrutura de madeira. Este tipo de construção oferece bom isolamento térmico e resistência ao fogo. Como o oxigénio não passa pelas paredes devido à compactação o fogo não alastra pela parede, não ocorre combustão. ^[28]



Fig. 38: Construção de uma parede com fardos de palha ^[29]

4.3.3. BAMBU

O bambu tem sido muito utilizado em países asiáticos para construção de casas e pequenas pontes. Este material é muito forte, flexível e cresce muito rápido sendo muito abundante ^[28]. A flexibilidade do bambu confere também boa protecção contra sismos. Estas características tornam o bambu um bom material para ser usado na construção.



Fig. 39: Construção de uma casa em bambu ^[29]

4.3.4. LENHA

Restos de madeira e lenha cortados podem ser aproveitados como enchimento das paredes, conferindo massa térmica e isolamento e permitindo poupar em outros materiais. A utilização deste tipo de material confere também um aspecto visual agradável. ^[28]



Fig:40: Paredes construídas com enchimento de lenha e restos de madeira ^[20]

4.3.5. TERRA BATIDA/TAIPA

Taipa é um material muito abundante que pode ser utilizado para substituir o tijolo e o betão na construção de paredes. Este tipo de material é composto por terra, pedras e paus e consiste no acondicionamento destes materiais em moldes de parede que depois são prensados até que se obtenha uma parede endurecida, resistente e durável. ^[28]

A construção de paredes com este material confere grande massa térmica e isolamento. ^[28]



Fig. 41: A – Muralha antiga em taipa; B – Parede em taipa; C – Muralha da China construída em taipa;
D – Modelo de construção de uma parede em taipa. ^[29]

4.3.6. PAPERCRETE

É um material reactivamente recente constituído por papel picado, areia ou argila e cimento misturados. É um material muito durável e pode substituir o betão e o tijolo. Este material confere bom isolamento e resistência ao fogo além de ser muito barato em comparação com outros materiais. ^[28]

Além destas vantagens tem também a oportunidade de reaproveitamento de papel usado para o fabrico deste material.



Fig. 42: A – Blocos de papercrete; B – Casas construídas com papercrete. ^[20]

4.3.7. ADOBE

Este material consiste numa técnica antiga de construção apropriado para climas quentes. Blocos de adobe constituídos por areia, argila e água são colocados em moldes e deixados a secar ao sol. O produto é um material muito forte e resistente ao calor. Confere bom isolamento térmico. ^[28]

No entanto apresenta um problema. Por ser um material do tipo barro, tem pouca elasticidade e não é muito resistente a sismos pois tem tendência a rachar facilmente ^[28]. Não é, portanto, aconselhável em zonas propícias a actividade sísmica.



Fig. 43: Paredes construídas com blocos de adobe ^[20]

4.3.8. SERRADURA

Serradura é um material muito bom para combinar com argila ou cimento e aplicação em paredes substituindo o betão.

A serradura e lascas de madeira absorvem a humidade e ajudam a evitar fendas nas paredes devido ao congelamento e descongelamento em climas muito rigorosos. ^[28]



Fig. 44: Serradura de Madeira ^[20]

4.3.9. TRASS

Trass é o nome local (Eifel – Alemanha) dado a um material composto por fragmentos de rocha composta de cinzas vulcânicas consolidadas. Este material, do género das pozzolanas, é utilizado em argamassas, misturado com cal e areia ou com cimento.

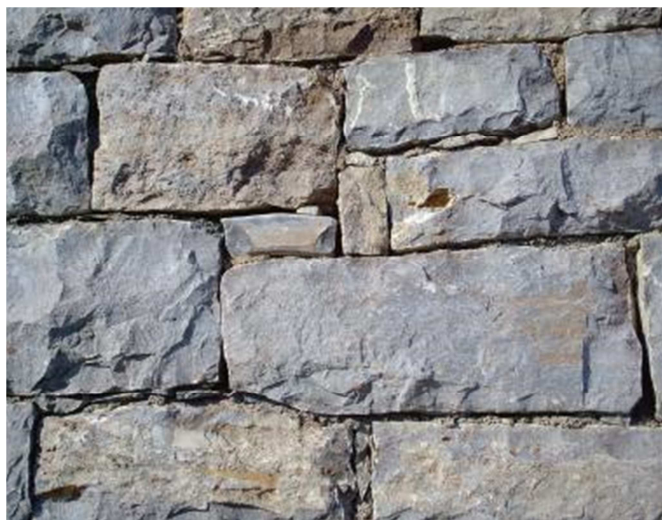


Fig. 45: Parede feita com trass^[20]

4.3.10. LINÓLEO

Linóleo é um material composto materiais naturais como óleo de linhaça solidificado, resina de pinheiro, pó de cortiça, farinha de madeira e carbonato de cálcio. Este material é utilizado como revestimento de pavimentos. Podem ser adicionados pigmentos de cor para dar um efeito visual.^[28]

Os pisos de linóleo de boa qualidade são muito duráveis e suficientemente flexíveis para aplicar em pavimentos em vez de outros materiais como a cerâmica.^[28]



Fig. 46: A – Pavimento em linóleo dos anos 50; B – Pavimento em linóleo recente; C – Placas de linóleo de várias cores.^[20]

4.3.11. CORTIÇA

Cortiça é um material natural de origem vegetal, vem da casca do Sobreiro. Este material é muito utilizado para fabrico de rolhas pelo seu grande poder isolante.

A cortiça é extraída pela primeira vez quando a árvore atinge os 25 anos e desde aí de 9 em 9 anos. ^[29]

A cortiça é uma matéria-prima nobre utilizada para revestimento de pavimentos e para isolamento térmico e acústico. Tem também utilizações em componentes de calçado e na indústria automóvel. ^[29]

Portugal é o maior produtor de cortiça com uma área de aproximadamente 730 mil hectares e contabiliza mais de 50% da produção mundial deste material. ^[29]

A cortiça é, portanto, um bom material alternativo a outros mais usados por ser natural, ter boas características isolantes térmicas e acústicas e por ser abundante em Portugal. Por outro lado a extracção deste material não requer o abate de árvores o que representa uma grande vantagem em relação à madeira por exemplo.

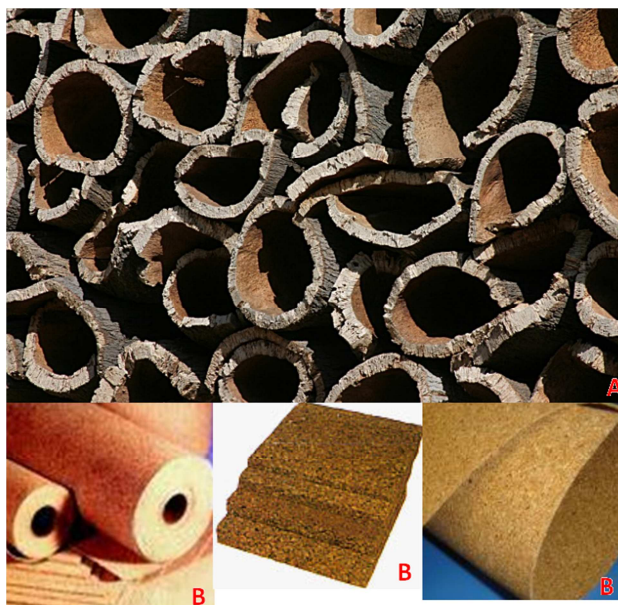


Fig. 47: A – Cortiça extraída de Sobreiros; B – Cortiça já processada em vários formatos. ^[20]

4.3.12. MATERIAIS RECICLADOS

A utilização de materiais reciclados ou reutilização de materiais já usados pode ser uma alternativa viável ao uso de materiais virgens.

A energia usada a reciclar materiais é muito inferior à que seria necessária para extrair e processar novas matérias-primas pelo que se deve reciclar materiais sempre que possível de modo a tornar o processo de construção de edifícios mais sustentável.

Da demolição de um edifício em fim-de-vida pode resultar materiais em bom estado como madeira, pedra, portas, janelas e outros materiais que podem ser reutilizados em vez de depositados em aterro onde só iriam ocupar espaço. ^[30]

Por outro lado, há uma infinidade de materiais que já não podem ser reutilizados para a mesma função que desempenhavam, quer por estarem danificados ou simplesmente porque perderam as suas características. Porém podem ser reciclados ou transformados/aproveitados como componentes de outros materiais; quase tudo que existe pode ser reciclado ou aproveitado como componente ou aditivo. Por exemplo pneus usados podem ser utilizados na produção de materiais isolantes e absorventes sonoros; outro exemplo é o vidro por ser 100% reciclável podendo ser utilizado para produção de novo vidro ou incorporação em outro tipo de materiais para criar efeitos visuais; também o plástico é 100% reciclável e tem um número infindável de utilizações. Muitos outros materiais podem ser aproveitados para enchimento ou aditivo conduzindo sempre a uma redução das necessidades de materiais virgens, reduzindo a quantidade de energia gasta na sua extracção e produção e consequentes impactes ambientais associados.

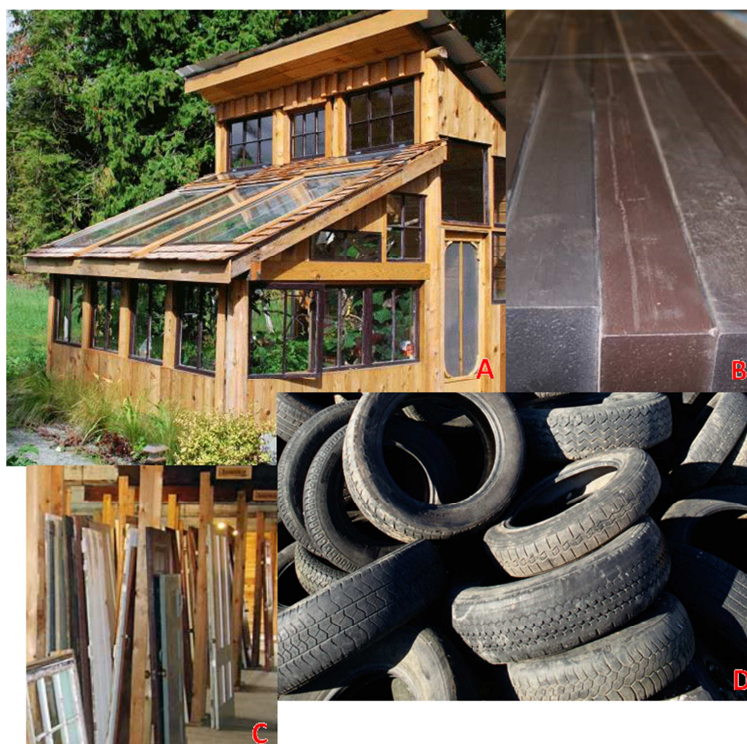


Fig. 48: A – Casa construída totalmente com materiais reciclados ou reaproveitados; B – Tábuas de plástico reciclado; C – Janelas e portas recuperadas; D – Pneus usados com potencial de reciclagem. ^[20]

4.4. INVESTIMENTO/RETORNO

Como já foi constatado neste trabalho, a implementação de técnicas bioclimáticas na projecção e construção de edifícios traz consigo uma redução muito significativa dos custos energéticos do mesmo ao longo do seu ciclo de vida.

As soluções passivas de aproveitamento solar e do clima local, quando adoptadas em fases prematuras do ciclo de vida de um edifício, poderão ter custo zero na construção do edifício em si pois são baseadas em conceitos de projecto e boas práticas de construção, não sendo necessária a aquisição de tecnologias ou materiais caros. Assim, não há razão para não serem aplicadas a todos os edifícios novos. Se houver necessidade de adaptar edifícios já existentes poderá acarretar alguns custos mas não muito elevados.

Ao aliar a arquitectura bioclimática às novas tecnologias, nomeadamente à tecnologia de geração de electricidade a partir da radiação solar (aproveitamento activo da luz solar), teremos então uma redução bem maior das necessidades de electricidade ou mesmo uma total independência da rede eléctrica passando o edifício a ser um micro produtor de electricidade, isto é, quando a electricidade produzida excede as necessidades do próprio edifício e esta pode ser armazenada ou vendida à rede eléctrica.

Estas soluções de aproveitamento activo da radiação solar ainda tem custos muitas vezes economicamente inviáveis, pelo que são poucos os edifícios nos quais estão implementadas. No entanto, num futuro próximo será o rumo a tomar para ficarmos mais próximos do tão falado desenvolvimento sustentável.

Em economia, qualquer investimento que se faça espera-se que venha a ter lucro num tempo não muito longo. Assim, a implementação de tecnologias solares fica dependente do tempo de retorno do investimento que poderá ser maior ou menor conforme o investimento. Enquanto que hoje em dia ainda não é muito viável fazer um grande investimento nestas novas tecnologias, no futuro, com o aumento do preço de produção de electricidade e com o aumento do preço dos combustíveis fósseis, poderá ser uma solução muito promissora.

Uma forma simples de estimar o tempo de amortização de um investimento em tecnologias solares activas, sem contabilizar a inflação e as taxas de juro, é a seguinte ^[15]:

$$TA = \frac{IA}{PA}$$

em que: TA é o tempo de amortização em anos, IA é o investimento adicional (incluindo investimento inicial e gastos com manutenção) em euros e PA é a poupança anual em euros/ano.

Segue-se o testemunho de Volker Hartkopf, um arquitecto especializado em edifícios ecologicamente correctos, numa entrevista dada à revista Exame em 11/04/2007 sobre o aumento da produção e a redução de custos num edifício ecologicamente bem projectado.

Entrevistado: Arq^{to} Volker Hartkopf

Por: Ana Luiza Herzog

Revista Exame: 11/04/2007

Fonte: ^[31]



Fig. 49: Volker Hartkopf ^[31]

Qual a diferença entre trabalhar num prédio ecologicamente correcto e num edifício comum?

As empresas produtivas serão aquelas que levam em conta o bem-estar dos funcionários. Não há como ser eficiente num ambiente escuro e com um ar condicionado que vive emperrado.

Quais são os ganhos de produtividade dos funcionários nos prédios “verdes”?

Ao aumentar a ventilação nas áreas onde as pessoas circulam, a produtividade pode crescer até 15%. Nas escolas, a iluminação natural tem capacidade de aumentar em cerca de 30% a capacidade de aprendizagem dos alunos.

Existem também ganhos na redução de custos?

Os edifícios verdes podem gerar mais energia do que consomem. Isso representa uma enorme economia de dinheiro. Mas há um ponto mais importante. Nos Estados Unidos os prédios convencionais consomem 70% da energia disponível no país. Nas grandes cidades da China, a necessidade adicional de energia para manter ligados os aparelhos de ar condicionado exige que uma usina seja construída por semana. Isto não é sustentável.

Se a vantagem é tão óbvia, por que todas as empresas não migram para edifícios ecologicamente correctos?

Os projectos de edifícios verdes são mais caros. Aos poucos, porem, as companhias estão percebendo que o investimento compensa a médio e longo prazo, em termos de redução de custos e ganhos de produtividade dos funcionários.

O fenómeno do aquecimento global pode acelerar essa tendência?

Sim. Com a ameaça do aquecimento global, os prédios terão de passar por mudanças dramáticas. Para ter uma ideia, hoje são necessários diariamente cerca de 40 watts extras de energia eléctrica *per capita* para o sistema de ar condicionado aplacar o calor que sente um executivo obrigado a vestir terno e gravata num clima quente.

Para ser um prédio ecologicamente correcto, basta implantar políticas de reciclagem de lixo e sistemas como o de energia solar?

Não, esse é um universo muito mais complexo. Uma das características principais desses edifícios é a sua flexibilidade de espaços internos. Os novos prédios são concebidos para facilitar o processo de reordenação dos apartamentos, algo muito comum nas empresas. Participei recentemente do projecto de um edifício em Ohio, nos Estados Unidos, que foi concebido com essa preocupação. Hoje, ele chega a economizar quase 1 milhão de dólares por ano em mudanças internas. Outra característica importante dos novos edifícios é que eles permitem os funcionários controlar a seu gosto variáveis como temperatura e luz.

Quais prédios estão mais sintonizados com esse modelo?

A unidade das IBM em Paris, na França, é exemplar. Com o uso de tecnologias simples, cada empregado pode controlar a quantidade de luz que deseja, a temperatura do ar e a altura das persianas, entre outras coisas. Resultado, os funcionários simplesmente amam trabalhar naquele prédio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este ponto pretende-se fazer um apanhado geral dos assuntos mais importantes abordados neste trabalho.

A importância da “pele do edifício” em termos de definição do próprio edifício e em termos de criação de conforto para os utilizadores do mesmo é indiscutível. Cabe aos projectistas definir as características das fachadas e coberturas de modo a garantir que desempenham correctamente a sua função. Por outro lado, devem prever o impacte da estrutura a nível ambiental e tomar medidas para minimizar estes impactes. Isto confere uma importância ainda maior à fase de projecto quando se fala em “edifícios verdes” ou construções sustentáveis. É nesta fase que se decide o que se vai fazer e como se vai fazer.

Existem ferramentas muito úteis para avaliação dos impactes ambientais, nomeadamente a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que permite avaliar todos os impactes associados a um produto ou serviço, neste caso a um edifício.

Num mundo actualmente focado na sustentabilidade, e com alguns recursos naturais a serem sobre-explorados estando à beira do esgotamento, há que diminuir o enorme impacte ambiental dos edifícios. Para tal tem contribuído significativamente as novas tecnologias de aproveitamento de recursos renováveis e, principalmente, as boas práticas no projecto e construção de edifícios.

A arquitectura bioclimática assume assim um papel fundamental na construção de “edifícios verdes” pois fornece um conjunto de práticas projectuais que englobam o edifício, o clima local e as condições de conforto interior desejadas conduzindo a uma grande redução do consumo energético.

A importância das novas tecnologias também é de salientar. O aproveitamento do sol, assim como de outros recursos naturais renováveis, permite também a diminuição da dependência energética dos edifícios. Ao contrário das técnicas bioclimáticas, que se baseiam em boas práticas de projecto e construção e têm um custo residual, o recurso a tecnologias de aproveitamento activo do sol representa um investimento avultado que só compensa ao fim de alguns anos pelo que pode diminuir a sua procura. Têm a vantagem de reduzirem bastante mais as necessidades de electricidade podendo até gerar electricidade em excesso que pode ser vendida à rede.

Outro aspecto importante a ter em conta é o tipo de materiais utilizados na construção dos edifícios. Actualmente ainda prevalece a utilização dos materiais mais comuns como cimento, tijolo, madeira, ferro, etc. Alguns destes materiais podem ser substituídos ou

complementados por outros materiais de origem natural, reciclados ou reutilizados. Também se deve ter em conta a toxicidade dos materiais utilizados, evitando a utilização de materiais poluentes ou que libertem compostos tóxicos.

A necessidade de avaliar e comparar os níveis de sustentabilidade nos edifícios levou à criação dum sistema de avaliação da sustentabilidade dos edifícios, à semelhança de outros países que também tem os seus sistemas. O sistema LiderA desempenha este papel de comparação e certificação ambiental de edifícios em Portugal.

Um pouco por todo o mundo se têm ouvido falar de casos de construções mais “verdes”, que procuram a sustentabilidade. Em Portugal existem alguns casos de edifícios bastante eficientes no uso dos recursos e da energia.

O exemplo do Hotel Jardim Atlântico referido neste trabalho consiste num modelo a seguir e existem muitos mais casos de edifícios que, apesar de não serem perfeitos, já têm a preocupação em melhorar e tornarem-se mais sustentáveis. O Hotel Star Inn é um bom exemplo disso pois, não sendo ainda sustentável, revela algumas preocupações com o ambiente e com a poupança de energia.

CONCLUSÕES

Actualmente, em Portugal, ainda não se aposta muito na construção sustentável. Embora haja estudos que comprovam os benefícios deste tipo de construção ainda há muitos receios e barreiras que impedem que a construção sustentável se torne uma regra e não somente uma excepção. Algumas destas barreiras prendem-se com a falta de conhecimento e formação de quem projecta e constrói mas principalmente com a falta de incentivos e financiamento por parte das entidades governamentais e bancárias e com falta de legislação que force o crescimento do mercado das energias renováveis.

Num país como Portugal, onde abundam as energias renováveis, é incompreensível que o aproveitamento destas fontes de energia não seja considerado prioritário. Enquanto outros países aproveitam os poucos recursos renováveis que possuem ao máximo, Portugal, com uma das melhores exposições solares ao nível da Europa, desperdiça energia gratuita e vai comprar energia da rede elétrica a outros países.

A solução passará pela formação e informação dos projectistas e construtores de modo a diminuir as lacunas de conhecimento na área da sustentabilidade e aumentar a motivação para a construção sustentável; investigação e experimentação de novos materiais e tecnologias; criação de incentivos monetários e fiscais para empresas que promovam a construção sustentável; criação de leis que obriguem a adopção de práticas mais sustentáveis; e sobretudo promover a interação e comunicação entre os vários intervenientes (projectistas, construtores, técnicos de manutenção, fornecedores de equipamentos e materiais, etc) durante todo o ciclo de vida do edifício para que se criem padrões de desempenho e operação dos sistemas existentes no mesmo.

Embora sejam as empresas de construção civil as principais responsáveis pela construção dos edifícios e, como tal, pela definição das suas características em termos de sustentabilidade, cabe também a outras entidades e empresas promover este tipo de construção. Arquitectos, engenheiros, fabricantes e distribuidores de produtos, entidades governamentais, instituições bancárias, entre outras podem e devem dar o seu contributo colaborando entre si para promover a construção sustentável.

Passo a passo teremos que caminhar no sentido dum mundo mais sustentável para que possamos deixar alguma coisa para as gerações futuras. A construção “verde” será um passo muito grande nesse sentido.

“Um dia os edifícios verdes e a construção com preocupações ambientais serão a norma. Não se trata apenas de fazer menos mau, ou de ser um pouco mais eco-eficiente, trata-se de ser 100% mais eco-eficiente.”^[32]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]<http://construcaosustentavel.quercus.pt/scid/subquercus/defaultarticleViewOne.asp?categorySiteID=145&articleSiteID=223>
- [2]Pinheiro, Manuel Duarte; 2006; Ambiente e Construção Sustentável; DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa; instituto do Ambiente.
- [3]Pinheiro, Manuel Duarte; 2009; Congresso LiderA 09 – Centro de Congressos IST – DECivil.
- [4]Licco, Eduardo Antonio; 2006; II Workshop Gestão Integrada: Risco e Sustentabilidade, Edifícios Verdes: Um Caminho na Busca da Sustentabilidade.
- [5]Librelotto, Diógenes e Jalali, Said; 2008; Aplicação de uma Ferramenta de Análise do Ciclo de Vida em Edificações Residenciais – Estudos de Caso.
- [6]Neto, Belmira; 2007; Ferramentas de Decisão Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.
- [7]Silva, Vanessa Gomes da; 2003; Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica; Tese de Doutoramento – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [8]Degani, Clarice Menezes e Cardoso, Francisco Ferreira; A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projecto arquitectónico. In: NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitectura e Desenho Urbano; Nucleo de pesquisa em tecnologia da arquitectura e urbanismo da Faculdade de Arquitectura e Urbanismo da Universidade de São Paulo; São Paulo, 7 a 11 Outubro 2002.
- [9]<http://www.atitudessustentaveis.com.br/residencia-sustentavel/edificios-verdes/>
- [10]http://en.wikipedia.org/wiki/Green_building
- [11]Gonçalves, Helder e Graça, João Mariz; 2004; Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal; Direcção Geral de Geologia e Energia.
- [12]Melo, Luis; 2009; Transferência de Calor e Massa – Transferência de calor: Fenómenos de transferência; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.
- [13]Oliveira, Armando; 2008; Energia e Ambiente – Energia Solar e Edifícios Bioclimáticos; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.

[14]Vieira; Miguel José de Freitas Amaral; 2008; Técnicas Construtivas Ambientalmente Adequadas; Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

[15]Oliveira, Armando; 2008; Energia e Ambiente – Sistemas Solares Térmicos; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.

[16]Oliveira, Armando; 2008; Energia e Ambiente – Colectores Térmicos; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.

[17]Oliveira, Armando; 2008; Energia e Ambiente – Colectores Solares Fotovoltaicos; Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – FEUP.

[18]<http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=15>

[19]Pinheiro, Manuel Duarte; 2010; LiderA – Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos; Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

[20]<http://www.google.pt/>

[21]<http://www.publituris.pt/2008/10/14/mini-price-hotels-abre-primeira-unidade-dia-22/>

[22]http://economia.publico.pt/Noticia/star-inn-inaugura-no-porto-primeiro-hotel-low-cost-do-pais_1345873

[23]Folheto on-line; Star Inn – Follow the Star

[24]Chaves, Jorge; 12 Junho 2007; Hotel Star Inn – Estabilidade, Licenciamento, Memória Descritiva; Porto.

[25]Maçana, Manuel Rodrigues; 12 Junho 2007; Hotel Star Inn – Instalações Eléctricas; Licenciamento, Memória Descritiva; Porto.

[26]Castro, Maria Manuela Sanguedo de Sousa; 12 Junho 2007; Hotel Star Inn – AVAC, Licenciamento, Memória Descritiva; Porto.

[27]Neves, Jaime; 12 Junho 2007; Hotel Star Inn – Estudo de Condicionamento Acústico, Projecto de Licenciamento, Memória Descritiva; Porto.

[28]http://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_natural_materials

[29]http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal

[30]http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_architecture#Sustainable_building_materials

[31]http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_231676.shtml

[32]<http://www.quercustv.org/spip.php?article107>