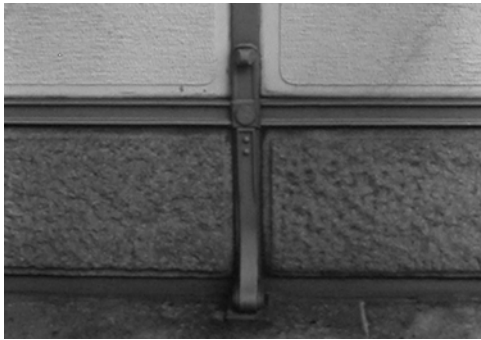


## ***ENQUADRAMENTO HISTÓRICO***

Este capítulo apresenta o enquadramento da habitação e dos modos de habitar ao longo da história. Uma especial incidência é feita sobre as fachadas e coberturas, que aqui se apresentam sob a expressão mais lata de “pele exterior”, e os diferentes entendimentos que a sua materialização tem tido, não só no decorrer das diversas épocas, mas também na diferente adequação aos climas, modos de habitar e sistemas construtivos. É também feita uma classificação temporal e geográfica das tipologias habitacionais e dos sistemas construtivos, com particular referência ao caso de Portugal e às suas construções tradicionais de habitação.

### 3.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE PELE EXTERIOR



**Figuras 3.1.1 e 3.1.2.** Perspectiva da fachada principal e pormenor da Estação de Karlsplatz em Viena

O homem sempre construiu as suas habitações tendo em vista, como principal função, a protecção. Os factores contra os quais as habitações teriam de salvaguardar os seus ocupantes incluíam: as adversidades do clima, os animais selvagens e mesmo os seus semelhantes. Inspirando-se e tendo como matérias-primas a própria natureza, a construção dos primeiros abrigos era feita com recurso a vários materiais e sistemas, cada qual desempenhando uma função específica, adequada a um clima ou solicitação distinta. Desta forma, já nos primeiros abrigos humanos se podiam distinguir os aspectos estrutural e não estrutural das construções. Se em termos práticos esta divisão sempre teve influência na arquitectura, em termos teóricos apenas se tornou relevante durante o último século. Em 1860 Gottfried Semper dividia, na análise arquitectónica, estrutura portante e cerramento (Semper 1860), uma abordagem que viria a ter uma grande influência nos primeiros tempos do Modernismo, por exemplo nas obras de Otto Wagner ou de Henri Van de Velde e que ainda hoje é um tema pertinente de discussão arquitectónica. Nas Figuras 3.1.1 e 3.1.2 podem ver-se duas imagens da estação de Karlsplatz, projecto de Otto Wagner de 1894, localizada em Viena, onde se marcam distintamente os elementos estruturais metálicos dos elementos de cerramento em pedra.



**Figuras 3.1.3 e 3.1.4.** Imagens de Shibam, no Iémen do Sul (ArchNet 2003)

Nos exemplos de construções vernaculares, desde sempre se encontraram os dois tipos de postura: cerramentos que eram ao mesmo tempo estruturas portantes - comuns em climas quentes e secos; separação total entre as duas funções - comuns em povos nómadas ou em climas quentes e húmidos. Um exemplo da primeira situação são as habitações da Cidade antiga de Shibam, no Iémen do Sul, que se podem ver nas Figuras 3.1.3 e 3.1.4. Um exemplo da segunda são os Tipis Norte Americanos ou os Yurts da Mongólia.

Na arquitectura popular portuguesa, essencialmente até meados do século XX, a separação entre estrutura e cerramento exterior das paredes exteriores era pouco frequente, já que as paredes exteriores constituíam geralmente paredes de carga, sendo em grande parte dos casos alvenaria de pedra, tijolo ou adobe, ou mesmo, ainda que mais raramente, taipa. Esta separação existia mais frequentemente nas casas urbanas, de maior altura, como por exemplo na Baixa Pombalina de Lisboa, nomeadamente em pisos superiores ao R/C ou em ampliações de pisos superiores. Nestas construções as estruturas de madeira (gaiola ou esqueleto) eram colocadas em reforço de alvenarias (Pinho 2000). Nas construções convencionais portuguesas actuais, com as estruturas porticadas de betão armado, a separação entre estrutura e cerramento tornou-se a solução quase sempre utilizada em paredes exteriores, ainda que os revestimentos exteriores e interiores cubram geralmente todos os elementos da parede e essa separação não seja visível.

### 3.1.1. Relação entre janela e parede

A relação entre superfície aberta e fechada é um dos principais aspectos a considerar na pele exterior dum edifício. A necessidade de iluminação levou as arquitecturas primitivas a abrir vãos nas paredes, mas a vulnerabilidade que estes traziam obrigou posteriormente a tapá-los, inicialmente com elementos móveis opacos (ou mesmo translúcidos - gelosias - em climas mais amenos), muitos séculos antes da utilização do vidro.

A história das fachadas passa inevitavelmente pela história das suas aberturas, ou seja, das portas e janelas. Durante o Neolítico, na Ásia Menor, começaram a desenvolver-se povoações, como Catal Hüyük (6700-5700a.C.) constituídas por casas enterradas ligadas entre si, de tal forma que as coberturas constituíam um pavimento contínuo, desde o qual se acedia ao interior das habitações, através de aberturas, que serviam também para iluminação e ventilação, misturando assim as funções de porta e lanternim. Complementarmente aparecem também umas pequenas janelas altas nas paredes, solução que se repete nos templos da época mesobabilónica (cerca de 1.500a.C.), como no Palácio Kurigalzu (Peraza Sánchez 2000). A casa Suméria (2870 a 2370a.C.) é constituída por compartimentos rectangulares, em redor de um pátio, com uma abertura no tecto, por onde penetra a luz e o ar, e onde a única ligação à rua se faz por uma porta.

No Egipto, a janela característica dos templos, o clerestório, era algumas vezes utilizado em habitações. Tal facto foi comprovado graças a ilustrações encontradas em instalações funerárias localizadas em Tell el-Amarna, cidade da Corte de Akhenaton (Peraza Sánchez 2000).

As casas Gregas não tinham janelas, apenas uma porta, tal como as casas Etruscas e as casas Romanas primitivas. Antes da fundação de Roma, as habitações Romanas eram uma espécie de cabanas parecidas com as choças Árabes. Com a fundação de Roma, as cidades começaram a crescer e a dispôr de algumas infra-estruturas, tais como água e saneamento, assim como edifícios públicos de serviços: os banhos, o fórum, o circo, o teatro, etc. Os Romanos também utilizaram clerestórios, essencialmente nas abóbadas, com forma semi-circular, onde pela primeira vez colocam vidro (segundo as "Epístolas" e "A Providência" de Séneca). O vidro soprado produzia-se na península Itálica e utilizava-se essencialmente em vasos e copos, que eram relativamente acessíveis à maioria da população, mas o seu uso em janelas estava restrito aos ricos, porque requeria um processo de fabrico muito mais custoso. Na maior parte das habitações de cidades como Roma e Óstia, as janelas eram meros orifícios (postigos) fechados com portadas de madeira ou com grades de pedra, metal ou terracota. Nalguns casos eram articuladas. Em alguns edifícios mais requintados, em vez de vidro utilizavam-se pedras translúcidas, como a ágata, a mica, o ónix ou o alabastro, como se pode ver nos edifícios de Pompeia e Herculano. As casas unifamiliares, a "domus" e a "insula" tinham poucas janelas para o exterior. A maioria abria para o pátio central, o "atrium", ou para o

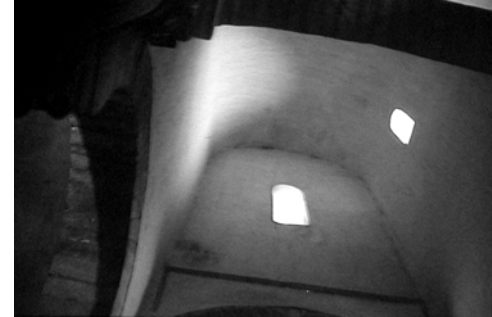


Figura 3.1.5. Igreja Pré-Românica de Santa Maria de Lebeña

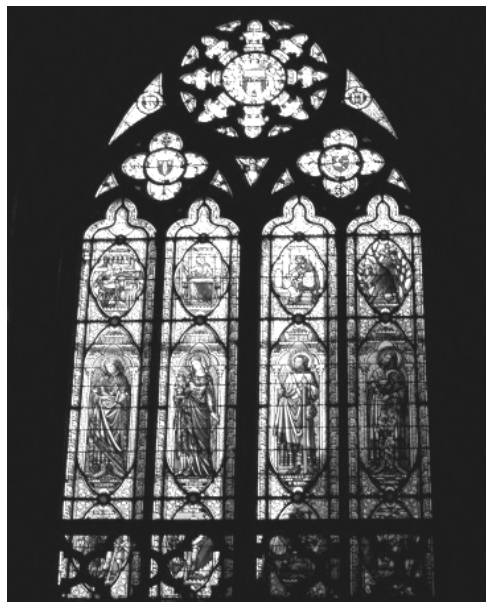
peristilo, o que permitia criar um certo microclima, tal como secede nas casas tradicionais dos países do Norte de África. Por influência mútua destas duas culturas no Sul da Península Ibérica, onde se segue a tradição romana e ao mesmo tempo árabe, produzem-se exemplos de gelosias e clerestórios já no período Pré-românico.

As pequenas aberturas existentes nas Igrejas dos períodos Pré-românico e Românico não eram apenas determinadas por questões de protecção e mesmo religiosas, ligadas ao carácter de introspecção no culto, mas também devidas aos métodos construtivos utilizados, pois tornava-se difícil criar grandes aberturas em construções de pedra maciça, atendendo aos conhecimentos técnicos da época. Na Figura 3.1.5 apresenta-se a vista interior duma Igreja Pré-Românica, a Igreja de Santa Maria de Lebeña, localizada nas Astúrias, fundada no ano de 925, onde se podem ver as poucas aberturas na cobertura abobadada central.

O interesse na iluminação dos espaços interiores aumentou à medida que a arquitectura se libertava gradualmente das restrições impostas pelas paredes portantes e se verificavam avanços no desenvolvimento da produção do vidro. As Igrejas do Gótico demonstraram as primeiras tentativas de criar grandes aberturas, em soluções levadas a uma evolução extrema do sistema construtivo, atendendo ao material utilizado, a pedra. Estas aberturas eram preenchidas com vitrais translúcidos, funcionando como quadros retro-iluminados, filtrando dessa forma a radiação solar. Nas Figuras 3.1.6 e 3.1.7 podem ver-se uma perspectiva interior e um pormenor de vitral da Catedral de Stº André, em Bordéus, construída nos séculos XII a XIV.

Como regra geral, nas habitações da Idade Média dos países ocidentais, as janelas permaneceriam relativamente pequenas, ou com os envidraçados muito subdivididos, devido ao elevado custo dos vidros e às limitações do processo de fabrico destes. A generalidade das casas constavam de um único compartimento, que por vezes comunicava com o estábulo, apenas com uma porta de entrada e sem janelas. Graças ao crescimento das cidades, à protecção dos recintos amuralhados, a arquitectura doméstica melhorou e recomeçou-se a construção em altura do período Romano, o que obrigava a reintroduzir janelas e, para proteger estas, a colocação de postigos. Começaram a introduzir-se nas janelas os pergaminhos de papel ou linho embebido em óleo de linhaça. Para que estes não se rompessem com o vento, fixavam-se com réguas cruzadas. Os primeiros exemplos apareceram nos hospitais florentinos nos anos 1390 a 1400. Um pouco mais tarde, mas apenas nas casas nobres e palácios, incorporaram-se os envidraçados fixos, com possibilidade de abertura de um postigo pelo lado interior. O aro destes envidraçados era inicialmente, e tal como nas catedrais, a própria parede, à qual se chumbava. A janela da Idade Média, tal como a sociedade onde se situa, manteve-se no entanto reservada, só vindo a assumir protagonismo no Renascimento.

A janela Renascentista alcança o seu esplendor no Vale do Loire, onde o Renascimento Italiano chegou tardiamente. Tal como a



**Figuras 3.1.6 e 3.1.7.** Perspectivas interiores da Catedral de Stº André em Bordéus



arquitectura, é um híbrido entre Medieval, Renascentista e Maneirista (séculos XV e XVI), com influências do Gótico flamejante. Os “Chateaux de la Touraine” do século XVI e muitas das suas cidades conservam grande quantidade destas janelas, como na Figura 3.1.8. No final do século XV introduziu-se a massa de vidraceiro, o que permitiu uma melhor estanquicidade e vedação da janela, denotando já um aumento das preocupações pelo conforto térmico. O Renascimento em Inglaterra adoptou alguns tipos de janela parecidos com os franceses. Surgiu aqui uma grande inovação, que é a “Bow Window”, uma varanda envidraçada de forma semi-octogonal ou hexagonal que se eleva em todo o pé-direito, criando um espaço abrigado, intermédio entre interior e exterior (Peraza Sánchez 2000).

As primeiras janelas do Renascimento Tardio e do Maneirismo Italiano (Miguel Ângelo, Alberti e Palladio) aproveitaram as novas técnicas de fabrico de vidro de maior dimensão, com origem em Veneza. Conseguem-se assim janelas com envidraçados mais amplos e consequentemente menor factor de obstrução. Inicialmente apareceram os caixilhos rematados em arcos com mainel de pedra e depois a janela totalmente ampla, jogando com caixilhos, jambas, cornijas e frontões clássicos. Palladio (1508-1590) desenha a janela que adopta o seu nome e que será muito utilizada nos séculos XVII e XVIII, constituída por três panos: dois de abrir rematados por um horizontal superior (bandeira), tendo-a utilizado, por exemplo, no “Palazzo Chiericati” em Veneza, representado na Figura 3.1.9.

Em 1688 começaram a fabricar-se em França vidros planos incolores com 40 a 50cm<sup>2</sup>, para janelas e espelhos. A nova modulação provoca a aparição de um novo tipo de caixilho e fixação do vidro. A parte moldurada do barrote passa para o interior e o vidro a ser colocado pelo exterior, com a massa e o tafife por fora. A parte nobre da janela passa assim do exterior para o interior. O Palácio de Versalhes (1661-1708) constitui uma montra da forma de entender a relação fachada / janela característica do século XVIII.

De França, a indústria vidreira passou para a Inglaterra durante o reinado de Isabel I. No século XVIII, a indústria tinha importante valor neste país, sobretudo depois que se iniciou o fabrico de cristal branco, que revolucionou o comércio vidreiro, tornando acessível o que até então só era usado por ricos. A partir dessa época, a indústria vidreira espalhou-se pelo mundo inteiro.

Na cultura ocidental, não era apenas por razões técnicas limitativas na produção das chapas de vidro, mas também por questões climáticas e culturais, que as pequenas aberturas eram características, principalmente dos países do Sul da Europa. Nestes apareciam as chamadas janelas mistas meridionais, onde se misturam as funções de iluminação nas partes vidradas (características do Norte da Europa) com as de ventilação nas gulosias (características do Médio Oriente e Norte de África).



Figura 3.1.8. Janela de um palácio do Loire (Peraza Sánchez 2000)



Figura 3.1.9. Fachada principal do “Palazzo Chiericati” em Veneza (Mansell 1980)



**Figura 3.1.10.** Casa Tradicional Japonesa em Futagawa (Japanese Traditional Houses – Foto de Yasuyuki Oka)

Pelo contrário, nas habitações tradicionais de países orientais a janela era o elemento predominante das fachadas exteriores. Nas casas tradicionais Japonesas, grandes áreas da fachada exterior consistiam em portas de correr (na casa tradicional chinesa eram pivotantes), com caixilhos de madeira preenchidos, não em vidro, mas em papel translúcido. Quando abertas criavam uma transição fluida entre o jardim ou os pátios e os espaços interiores. Os alpendres e as varandas em todo o perímetro da casa alargam esta zona de transição. Portadas de correr opacas, fixas ao beiral e à face exterior da varanda, criam uma pele dupla flexível que oferece protecção no Inverno, enquanto no Verão estores têxteis ou de bambu, posicionados em frente à fachada, criavam uma protecção à radiação solar (Schittich 2001). Na Figura 3.1.10 está representada uma casa tradicional japonesa, a Futagawa-Juku-Honjin, construída em 1808, que serviu de casa de hóspedes para os senhores feudais durante o século XIX.



**Figura 3.1.11.** Varanda envidraçada do século XIX, no Porto

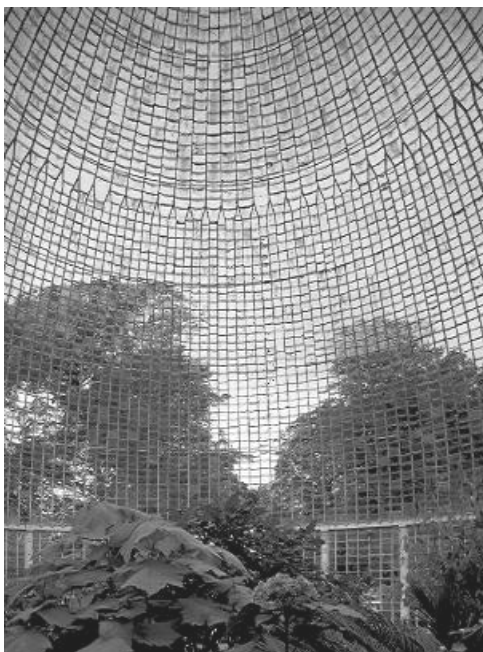
Tal como na arquitectura do extremo oriente, as fachadas características das casas urbanas do século XIX apresentavam já uma área de envidraçado em muitos casos superior à área de parede opaca. Curiosamente este fenómeno não era só característico da Europa Central e do Norte, mas também se estendeu ao Sul da Europa, como se pode ver na fachada traseira duma casa do Porto desta época, na Figura 3.1.11. Com estas grandes áreas de envidraçado aparece também a janela de guilhotina.

A janela de guilhotina pode considerar-se a primeira janela moderna, pois possui um desenho muito depurado que dispensa as ferragens, mas proporciona o máximo de luz e resiste bem aos ventos, ainda que tenha pouca estanquicidade. Esta janela tem origens francesas, no século XV, mas o seu maior desenvolvimento alcança-se em Portugal no século XVIII, especialmente nas zonas costeiras do continente, nos Açores e na Madeira (Peraza Sánchez 2000). O uso de portadas interiores é frequente nestas soluções, nas quais se adaptam bem e permitem regular a entrada de luz e calor e impedir igualmente as perdas de calor durante a noite. O seu verdadeiro desenvolvimento foi propiciado pela maior dimensão dos vidros. A janela à “francesa”, com duas folhas cujos batentes centrais fecham sobre si mesmos mediante sobreposição dos perfis, sem mainel central, é também característica do século XVIII.

### 3.1.2. A fachada cortina

No início do século XIX, a Revolução Industrial trouxe novos materiais e métodos de produção, trazendo a mecanização dos processos de fabrico e a aparição da grande indústria moderna do vidro. Em 1907 foi produzido na Bélgica o primeiro vidro por um processo mecanizado.

A janela do século XIX e início do século XX é uma evolução das janelas do século XVIII, com os vidros a ocuparem nalguns casos toda a folha móvel, limitando-se as divisões ao mínimo e



**Figura 3.1.12.** Palm House, dos irmãos Bailey (Schittich 2001)

introduzindo já, com os primeiros arquitectos modernistas, como Victor Horta, a noção de fachada cortina.

Não foi apenas a evolução dos sistemas de fabrico do vidro que impulsionaram o processo de desmaterialização das fachadas e da diluição entre parede e janela dos edifícios. Este está directamente ligado à progressiva independência entre estrutura portante e pele. Importantes impulsos foram dados pelos construtores de estufas, como Loudon ou Paxton. Apresenta-se na Figura 3.1.12 a Palm House, que os irmãos Bailey erigiram em 1830 em Devon, provavelmente com a ajuda de Loudon (Schittich 2001). A pele de vidro nesta construção, assemelha-se mais a uma membrana do tipo “casca” do que a uma estrutura metálica convencional, já que não existe nenhuma hierarquização entre os componentes estruturais, pois todos os elementos têm a mesma importância no papel de suporte de cargas.

Exigências funcionais e comerciais influenciaram a crescente abertura das fachadas urbanas. Em meados do século XIX, os primeiros arranha-céus com estrutura em aço foram construídos nos Estados Unidos. A construção metálica tornou possível a abertura das fachadas exteriores com grandes janelas. Inicialmente esta filosofia era predominantemente adoptada em armazéns, fábricas e noutros edifícios onde a estética não era uma preocupação fundamental. O principal impulso ocorreu em Chicago nos finais do séc. XIX, quando o crescimento económico e um incremento da construção, trouxeram um grande aumento dos preços do solo, no centro da cidade, o que levou ao aparecimento dos primeiros arranha-céus. As tradicionais fachadas pesadas mostraram-se economicamente desajustadas para este tipo de edifícios e também dificilmente ofereciam condições para a iluminação natural dos espaços interiores. Isso ficou provado com a fachada de pedra do edifício “Marschal Field Store” de Henry H. Richardson de 1885-87, apresentada na Figura 3.1.13. O próximo passo lógico foi então a maior utilização de ferro e vidro também nas fachadas dos edifícios de escritórios. Este princípio foi aplicado no edifício “Carson, Pirie Scott de 1899-1906 de Louis Sullivan. Neste edifício, que se pode ver na Figura 3.1.14, muito transparente, Sullivan marca claramente os elementos estruturais, pilares e lajes de piso, seguindo o seu princípio de “form follows function”.

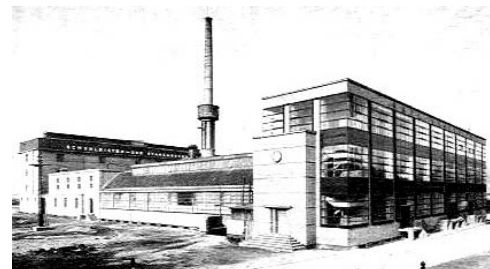
A crescente independência da pele exterior da sua função estrutural, conduziu à completa separação desta em relação à estrutura portante. As primeiras fachadas totalmente independentes da estrutura portante (mais tarde chamadas de fachada cortina) foram realizadas em edifícios industriais. Walter Gropius em colaboração com Adolf Meyer, concebeu em 1910-11, uma nave industrial na fábrica de calçado “Fagus Works” em “Alfeld-an-der-Leine”. Nesta, como se pode ver na Figura 3.1.15, colocou uma fachada cortina sem qualquer função estrutural (Berdini 1986). Em 1918, Willis Jefferson Polk foi o primeiro a conceber uma fachada cortina num edifício de escritórios, o “Halladie Building” em São Francisco, apresentado na Figura 3.1.16 (Schittich 2001). O mais arrojado projecto duma fachada em vidro neste período (em 1922) é de Mies Van der Rohe para um arranha-céus em Berlim, que no



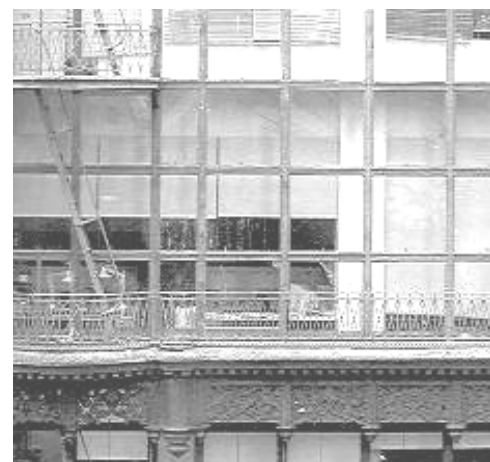
**Figura 3.1.13.** Marschal Field Store, de Henry H. Richardson (Schittich 2001)



**Figura 3.1.14.** Armazéns Carson, Pirie, Scott, de Louis Sullivan (Schittich 2001)



**Figura 3.1.15.** Fábrica Fagus em Alfeld-an-der-Leine, de Walter Gropius e Adolf Meyer (Berdini, 1986)



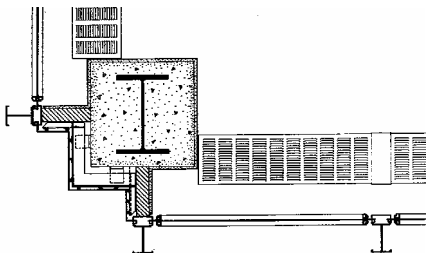
**Figura 3.1.16.** Halladie Building de Willis Jefferson Polk (Schittich 2001)

entanto não seria construído. Quase só um quarto de século depois, em 1948-51 Mies viu construídos os seus primeiros “arranha-céus”, o condomínio “Lake Shore Drive” em Chicago, com uma escala menos arrojada, mas ainda assim com uma fachada totalmente envidraçada. Será no entanto uma das primeiras aplicações do conceito de fachada totalmente envidraçada a um edifício de habitação, ainda que neste caso a estrutura faça parte integrante do pano de fachada e por isso não se possa falar de uma “fachada cortina” no sentido estrito do termo. Para o edifício “Seagram”, de 1958, que se pode ver na Figura 3.1.17, localizado em Nova Iorque, Mies não utilizou componentes metálicos standardizados, mas componentes em bronze, desenhados especificamente. Desta forma permitiu-se a criação de janelas sem qualquer interrupção entre o pavimento e o tecto, sem divisões horizontais, marcando assim a verticalidade da fachada.

Em 1952, Skidmore, Owings and Merrill (SOM) criaram o protótipo para uma fachada cortina ligeira no “Lever Building” em Nova Iorque. Uma caixilharia de aço inox polido reveste a fachada, que aparece completamente solta da estrutura portante, estando apenas ligada por fixações discretas para transferir as cargas provocadas pelo vento. O vidro utilizado é semi-reflectante e como os parapeitos e lajes opacas são tapados por este, quase não se percebem desde o exterior. No entanto, a desejada pureza de linhas desta fachada, associado ao menor nível tecnológico disponível na altura, obrigou à utilização de panos de vidro fixos, fazendo o interior depender totalmente de sistemas de ventilação e climatização mecânicos.

Até aos anos 70, as fachadas cortina, muito por influência das obras de Mies, proliferaram um pouco por todo o mundo como imagem de marca do “Estilo Internacional”, mas maioritariamente associados a edifícios de escritórios. Desta forma as fachadas cortina banalizaram-se e, de soluções que inicialmente representavam inovação e ligeireza, passaram cada vez mais a ser conotadas como monótonas e desinteressantes (Schittich 2001). Da metade dos anos sessenta em diante, os novos métodos de fixação, como a silicone estrutural, tornaram possível fechar toda a envolvente do edifício com uma pele ainda mais uniforme, do ponto de vista do observador no exterior, só se notando as juntas entre os vidros.

Vozes críticas começaram a levantar-se após a crise energética dos anos 70, impulsionando a uma maior racionalização dos consumos energéticos. Esta racionalização só se tornou possível por um tratamento diferenciado das fachadas, variando consoante as orientações e solicitações de conforto dos ocupantes, pelo que novas interpretações do conceito de pele exterior se impuseram. Neste contexto, a separação janela / parede volta a ser inevitável, especialmente no caso da habitação e nos climas do Sul da Europa, mas seguindo uma nova lógica. As exigências de desempenho térmico e acústico impuseram que os sistemas de janelas fossem desenvolvidos industrialmente, já que a implementação de soluções optimizadas pela investigação



**Figura 3.1.17.** Seagram Building de Mies van der Rohe. Pormenor (Blaser 1986) e vista exterior

científica, dificilmente se integram a um custo acessível em desenhos e execuções “artesaniais”.

A janela sofreu uma transformação radical desde meados do século XX, pela introdução de novos materiais, que melhoraram o seu desempenho e funcionamento: perfis, selantes, vidros com tratamentos especiais e ferragens. A madeira e o ferro cederam lugar ao PVC e alumínio. A nível formal impôs-se a janela de correr, por razões de espaço e economia, excepto nos países anglosaxões, onde as de batente e basculantes ganharam maior aceitação, pela melhor garantia de estanquicidade.

### 3.1.3. A independentização da fachada

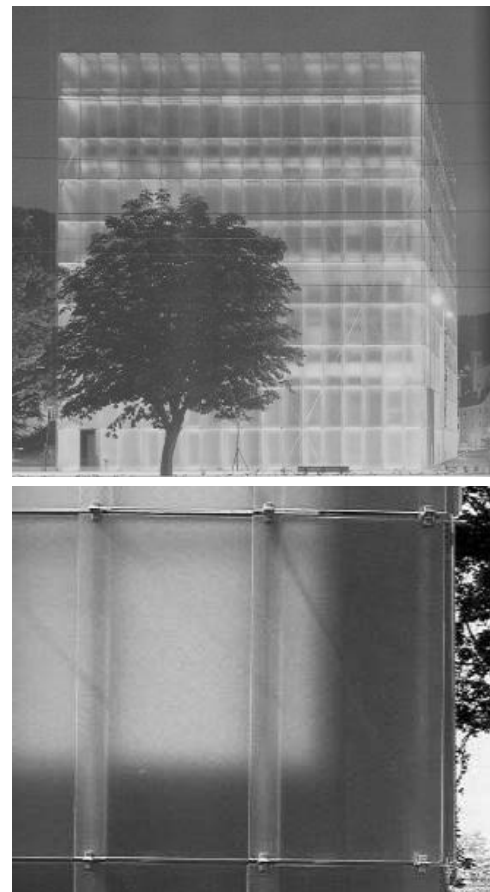
Com o crescente enfoque na superfície, a natureza dos materiais torna-se um elemento principal da preocupação arquitectónica: o material por si emerge como um conceito estético. A questão é não só a verdade dos materiais que o Modernismo apregoava, mas também a aparência: as qualidades visuais e tácteis, o efeito da cor e textura. Os materiais tradicionais, como a pedra, o tijolo e a madeira são redescobertos e aplicados em novos contextos. Por outro lado, os produtos de construção industrializados, como os contraplacados, aglomerados e prensados de madeira, os fibrocimentos, os painéis plásticos, os painéis metálicos e chapas distendidas e perfuradas emergem com um novo significado na superfície exterior do edifício (Schittich 2001).

Vários arquitectos apostaram na valorização do material em si e na estética que a sua utilização como pele exterior pode potenciar. Um exemplo é o de Tadao Ando que utilizou em grande parte dos seus edifícios o betão aparente, assumindo no próprio projecto as divisões das cofragens, bem como os pontos de ancoragem destas. Este tipo de abordagem, valorizando as texturas do betão aparente, já havia sido explorado por Corbusier, portanto não constituía uma grande novidade. Tadao Ando também utilizou, principalmente em projectos mais recentes, como o Pavilhão do Japão na Expo de Hanover, a madeira como elemento aparente exterior, neste caso com a dupla função de estrutura e acabamento. Souto de Moura tem também tirado partido estético da textura dos materiais, muito especialmente da pedra e da madeira. As fachadas do Edifício Burgo, na Avenida da Boavista, projecto que não chegou a ser construído, é um bom exemplo da utilização duma textura em grande escala, segundo o próprio Souto de Moura inspirada na imagem de paletes de madeira empilhadas, com se pode ver nas Figuras 3.1.18 e 3.1.19.

Peter Zumthor valoriza também a textura dos materiais nas suas obras, por exemplo com a pedra à vista no edifício dos banhos de Vals. Na “Kunsthaus” de Bregenz, este mesmo arquitecto explora um dos aspectos mais actuais na concepção das peles dos edifícios, a translucidez. Nesta obra, representada nas Figuras 3.1.20 e 3.1.21, todo o edifício, cujo núcleo estrutural e pavimento são realizados em betão aparente, encontra-se envolvido por uma superfície de vidro fosco. Esta pele translúcida, quase uniforme, muda de



Figuras 3.1.18 e 3.1.19. Fotografias de maquete do Projecto do Edifício Burgo, de Souto de Moura e imagem de Paletes de madeira (Trigueiros 1994)



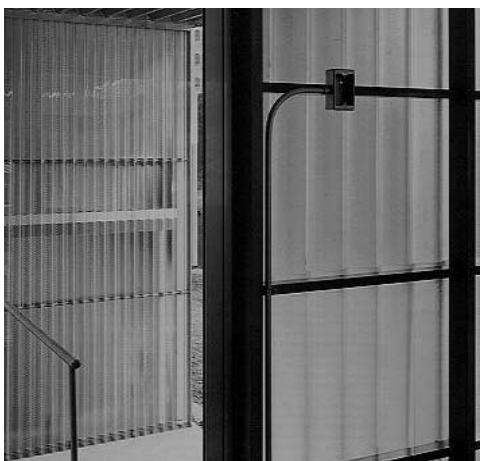
Figuras 3.1.20 e 3.1.21. Fachada da “Kunsthaus” de Bregenz de Peter Zumthor. Vista geral (Zabalbeascoa et al 2001) e pormenor (Schittich 2001)



**Figura 3.1.23.** Pormenor da fachada remodelada do Edifício Suva de Herzog & de Meuron (El Croquis 1993)



**Figura 3.1.24.** Pormenor da vista interior das Caves Dominus em Yonville, Califórnia, de Herzog & Meuron (Zabalbeascoa 2001)



**Figura 3.1.25.** Vista interior da Casa "S" de Toyo Ito (2G, 1997)



**Figura 3.1.26.** Vista interior de casa em Ito, de Itagaki & Sugimoto (Detail 1998)

aparência de acordo com a posição do observador e com as condições de iluminação. A transição entre o edifício e a paisagem de fundo parece mesmo diluir-se, especialmente em contra-luz.

A translucidez continua a ser uma das principais temáticas de exploração estética das peles dos edifícios. O vidro é portador de transparência mas, pela sua reacção perante a luz, favorece as variações e converte-se num vector de difracção ou de reflexão. Estas duas propriedades proporcionam ao vidro a capacidade de transparecer ou de aparecer, apenas por uma mudança de ângulo do observador, ou por uma mudança nas condições de iluminação interior ou exterior. Na fundação Cartier, em Paris, Jean Nouvel explora esta relação ambígua que o vidro permite, colocando uma fachada envidraçada falsa diante da fachada principal do edifício e uma mancha de vegetação, como se pode ver na Figura 3.1.22. Esta dissociação entre fachadas e edifício é sublinhada pelo prolongamento lateral e superior dos panos de fachada do próprio edifício, paralelos à rua (Boulevard Raspail), de tal modo que a percepção exterior é a de uma sucessão de fachadas translucidas a emergir duma mancha de vegetação. "Na Fundação Cartier, Jean Nouvel cristaliza a relação complexa entre o vidro e a imaterialidade (A+T 2000).



**Figura 3.1.22.** Fachada da Fundação Cartier, em Paris, de Jean Nouvel

A exploração de todos os efeitos que podem ir da transparência à translucidez tem passado pela utilização de tratamentos no próprio vidro, como no caso dos vidros serigrafados, dos vidros foscados, dos vidros coloridos, bem como de outros materiais, como os acrílicos, ou da sobreposição dos vidros e acrílicos com outros materiais, tais como chapas metálicas perfuradas, malhas distendidas, sombreadores, telas, etc.

Herzog & de Meuron usaram vidro serigrafado, em 1988, na remodelação da fachada do Edifício Suva, em Basileia, que se pode ver na Figura 3.1.23. Nas zonas de sobreposição às lajes existentes o vidro tinha uma trama de riscas horizontais com letras. Posteriormente voltaram a utilizar vidro serigrafado no novo Hospital-Farmácia em Basileia, de 1999. Neste caso, os vidros que revestem



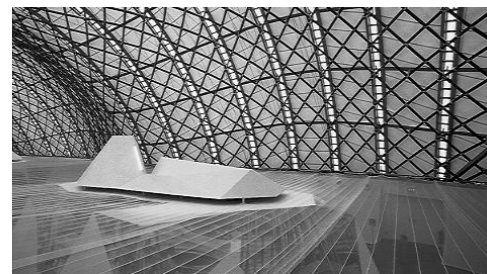
todo o edifício, com excepção das áreas de janela, foram impressos com uma trama de pontos uniforme. Também destes arquitectos são as Caves Dominus, em Yontville, na Califórnia, de 1988, representadas na Figura 3.1.24. Neste exemplo de pele exterior, extremamente pesada em termos estruturais, já que são utilizados gaviões cheios de pedra, obtém-se um tipo de filtro da luz exterior, ao mesmo tempo que um arrefecimento natural proporcionado pela conjugação da ventilação natural com uma elevada massa térmica e sombreamento.

Um outro exemplo de exploração dos efeitos que o vidro permite é o edifício do “Media Centre” em Sendai no Japão, de Toyo Ito. Na fachada deste edifício, totalmente envidraçada, o interior é revelado através de distintos graus de transparência, já que neste caso as serigrafias definem linhas horizontais de translucidez. Ito também utilizou os efeitos de translucidez e texturais dos plásticos, como o policarbonato, ou as placas onduladas translúcidas, fazendo uso das transparências mesmo em habitação, como na Casa “S” em Oguni, acabada em 1996 e que se pode ver na Figura 3.1.25. A tradição de construção leve, que chega mesmo à utilização do papel em lugar de vidros, é uma das possíveis razões para que os novos materiais translúcidos, tais como as membranas poliméricas e os policarbonatos, tenham tanta aceitação no Japão. O uso de papel nas divisórias interiores é ainda hoje comum, tal como se vê na fotografia da Figura 3.1.26, onde se apresenta um exemplo de uma construção em Ito, no Japão, projectada pelos arquitectos Motoyoshi Itagaki & Hiromi Sugimoto (Detail 1998). Um exemplo com uma reinterpretação contemporânea do conceito é o Pavilhão Japonês para a Expo 2000 de Hannover, de Shigeru Ban. Este arquitecto japonês propôs para este edifício uma pele exterior em papel translúcido, mas que as autoridades alemãs obrigaram a que fosse laminado com uma película plástica, por razões de comportamento ao fogo e durabilidade. Será de salientar o facto de que a estrutura deste edifício é realizada numa malha reticular de tubos de cartão atados por cordas, como se pode ver na Figura 3.1.27.

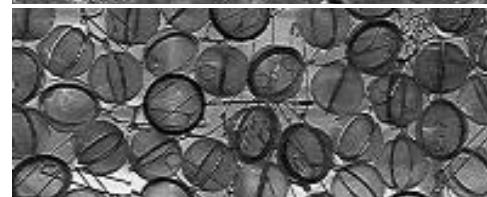
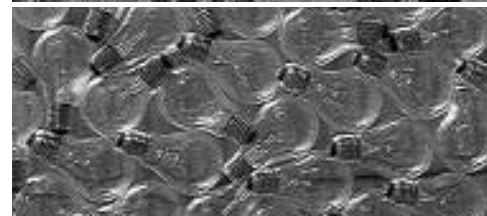
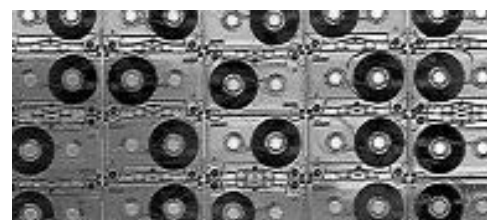
O tema das peles nos edifícios de Exposições Universais é sempre alvo de novas experiências, ou pelo menos nestas facilmente se conjugam vários exemplos e se divulgam ao público num espaço restrito. É o caso do Pavilhão de Cristo na Expo de Hannover, de “Gerkan, Marg und Partner”. Neste edifício, as caixas-de-ar dos vidros duplos são preenchidas por vários objectos industrializados, como lâmpadas ou cassetes, organizados de forma repetitiva e formando em cada módulo uma distinta trama retro-iluminada, como um vitral, como se pode ver nas Figuras 3.1.28 e 3.1.29. Outros exemplos na Expo de Hannover mostravam tramas translúcidas nas fachadas, como o pavilhão da Alemanha, o pavilhão da Finlândia e o pavilhão da Islândia.

#### 3.1.4. A fachada tecnológica

Numa época de permanente invasão dos sentidos através dos média, a tendência em muitas áreas, incluindo a arquitectura, é



**Figura 3.1.27.** Vista interior da cobertura do pavilhão de Japão na Expo de Hannover de Shigeru Ban (Schittich 2001)



**Figuras 3.1.28 e 3.1.29.** Vista interior e pormenor dos vidros duplos do Pavilhão de Cristo na Expo de Hannover de Gerkan, Marg und Partner (Schittich 2001)



**Figuras 3.1.30 e 3.1.31.** Vistas exterior e interior de edifício de apartamentos em Paris, projectado por Francis Soler (Gausa 1998)

tentar fazer sempre coisas inovadoras e espectaculares de modo a captar a atenção. Os média, incluindo as revistas de arquitectura, tendem a dar destaque às inovações, já que afinal de contas querem também captar a atenção para si próprios, contribuindo assim para a disseminação e reprodução de edifícios modelo que por vezes são pouco ou nada sensatos.

Existem no entanto aspectos positivos associados com as novas tecnologias. As redes de informação têm contribuído para a alteração da nossa percepção e opções estéticas. O fácil acesso à informação permitiu divulgar, desenvolver e promover o espírito crítico e a cultura arquitectónica no cidadão comum, bem como aumentar as ferramentas de projecto aos técnicos. Abrem-se novas perspectivas para o desenho, o cálculo e o fabrico das novas peles dos edifícios. O CAD (Desenho Assistido por Computador), a impressão digital, os ecrãs de cristais líquidos ou de plasma e outras tecnologias disponíveis, oferecem inúmeras possibilidades de transmitir informação ou de criar simples efeitos estéticos. Isto é evidente, por exemplo, na fachada de Francis Soler nos edifícios de apartamentos localizados próximo da Biblioteca Nacional de França, em Paris, acabados de construir em 1997. Neste edifício, Figura 3.1.30, os vidros são decorados com reproduções de imagens de pinturas de Giulio Romano existentes num palácio Renascentista de Mantua, como se pode ver na Figura 3.1.31. Aqui a intenção é puramente decorativa, mas sem dúvida que funciona como chamada de atenção, já que ninguém fica indiferente a esta fachada, especialmente os habitantes, que têm de conviver com estas imagens diariamente.



**Figura 3.1.32.** Vista exterior das Bibliotecas do Campus de Jussieu em Paris, projecto de Herzog & de Meuron (El Croquis 1993)

Herzog e Meuron apostaram também na decoração com imagens na Biblioteca da "Forestry Academy", em Eberswald, de 1999. Este edifício é todo revestido em vidro e painéis de betão serigrafados com fotografias. Cada painel apresenta uma imagem que é repetida horizontalmente em todo o comprimento do edifício. Esta ideia já havia sido utilizada no projecto de duas bibliotecas para o Campus de Jussieu em Paris (ao lado do edifício do Instituto do Mundo Árabe), que se pode ver Figura 3.1.32, também da autoria de Herzog & de Meuron, que não foram construídas. De certa forma, estes edifícios dispõem daquilo que se pode chamar de fachadas "mediáticas" – fachadas que transmitem uma mensagem independente da sua forma arquitectónica (Schittich 2001).

Este tipo de abordagem das fachadas já estava no entanto presente em muitos exemplos de arquitectura antiga, tal como nos desenhos em alto relevo dos frisos nas cornijas dos templos Gregos, nas pinturas e escritos das paredes dos edifícios do antigo Egipto, nas catedrais góticas, com excertos da Bíblia; ou nas mesquitas, com excertos do Corão gravados em baixo-relevo nas fachadas.

Desde os finais dos anos 80 que Jean Nouvel também propõe a integração de imagens nas fachadas de diversos projectos. No entanto, os exemplos deste aproximam-se mais do design gráfico de publicidade, com aplicação de texto informativo. É com a função de publicidade que fachadas "mediáticas" ocupam já



grandes áreas no centro de algumas cidades, sendo especialmente notórias durante a noite. O Picadilly Circus de Londres ou o Times Square de Nova Iorque são os exemplos mais conhecidos. As cidades orientais, como Hong Kong ou Tóquio (Figura 3.1.33), apresentam inúmeros exemplos de fachadas concebidas para publicidade nocturna. No entanto, nestes casos, não se pode falar propriamente de arquitectura com luz, já que a luz é introduzida em edifícios que apenas funcionam como suporte estrutural e não é entendida como parte conceptual da sua arquitectura. O mesmo não se pode dizer da Torre dos Ventos, de Toyo Ito, representada na Figura 3.1.34. Esta construção não tem outra função senão a de realizar um determinado número de efeitos luminosos, consoante as condições climáticas e o ruído de tráfego, funcionando como uma escultura de luz reactiva. Parece assim anunciar um outro aspecto pertinente na discussão arquitectónica actual sobre a envolvente exterior, o facto de esta constituir o elemento mediador energético mais importante no edifício.



Figura 3.1.33. Vista de uma rua de Tóquio ao entardecer

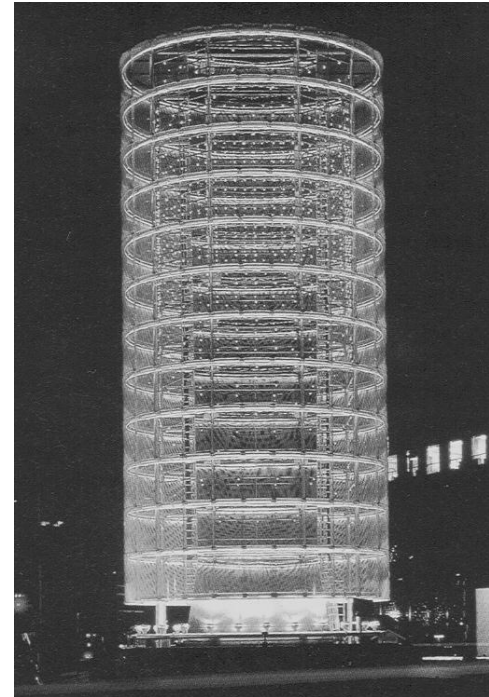


Figura 3.1.34. Torre dos ventos em Yokohama, de Toyo Ito (2G 1997)

### 3.1.5. A fachada como elemento mediador energético

Cada vez mais as fachadas parecem ser tratadas como um elemento independente do resto do edifício e têm um papel mais significativo no sistema "edifício". Neste contexto devem colocar-se as seguintes questões, sempre que se concebe uma fachada:

- **Função:** Para que deverá ser desenhada e quais são as solicitações a que esta deve dar resposta?
- **Construção:** Como são os elementos / componentes da fachada do edifício e como se conjugam no todo?
- **Forma:** Qual será o aspecto?
- **Energia:** Qual é o consumo energético da fachada no fabrico dos componentes, durante a construção, uso e demolição e qual a influência da configuração desta no consumo energético do edifício?

Dos aspectos referidos, a energia é o que tem ganho mais importância actualmente, devido ao já referido aumento das preocupações energéticas. A energia poderia estar incluída na função e na forma, já que são estes dois aspectos que condicionam o desempenho energético da fachada. No entanto deverão ser sempre ponderadas todas as questões em simultâneo, encontrando-se inter-dependentes, como se representa no organograma da Figura 3.1.35. Ainda que a fachada e a cobertura estejam sujeitas a diferentes solicitações energéticas, as suas funções em termos gerais são similares, podendo por isso ser englobadas na mesma expressão de "pele" do edifício.

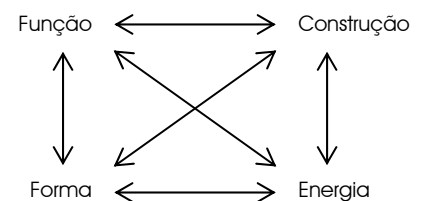
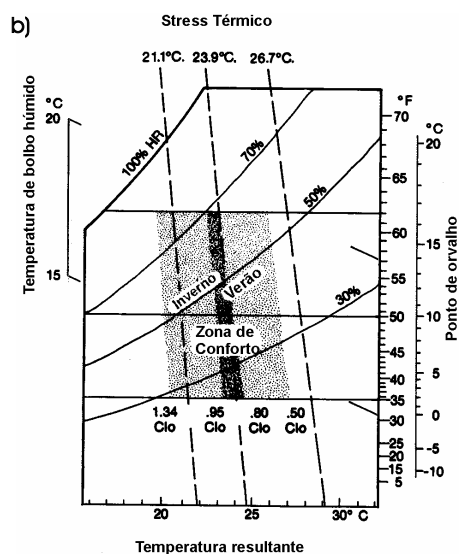
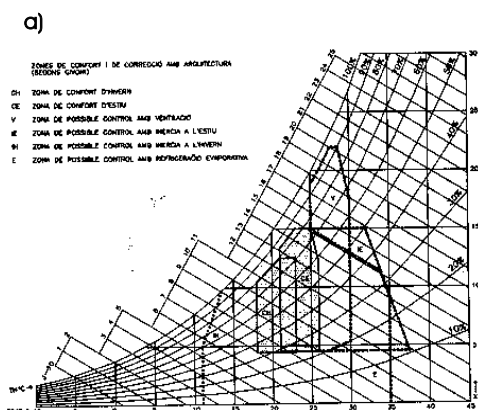


Figura 3.1.35. Organograma das relações de interdependência entre Função, Construção, Energia e Forma

Uma das principais funções da fachada é a de conseguir funcionar como uma barreira selectiva, face às condições climáticas exteriores, de forma a permitir manter condições de conforto interiores, sem recurso a sistemas mecânicos de climatização ou pelo menos reduzindo ao mínimo a necessidade de recorrer a estes. São seguidamente referidos numa forma resumida os mais importantes factores a salvaguardar com vista à obtenção do

conforto interior, na concepção da “pele” exterior dos edifícios de habitação:

- **Temperatura do ar interior:** deverão ser mantidas temperaturas resultantes entre 23 e 26°C no Verão, para vestuário típico de Verão (0,5 a 0,9Clo) e actividade metabólica de 1Met. No Inverno deverão ser mantidas temperaturas resultantes entre 20 e 22°C para vestuário típico de Inverno (0,9 a 1,3Clo) e actividade metabólica de 1Met, conforme se pode ver na Figura 3.1.36 (Bradshaw 1993). No entanto, com determinadas condições de humidade relativa, de actividade metabólica e de Resistência térmica do vestuário (Clo), a temperatura resultante pode chegar a menos de 20°C no Inverno e a mais de 26°C no Verão;
- **Humidade relativa interior:** dependendo da temperatura ambiente, a zona de conforto interior está normalmente situada entre 30 e 70%, ainda que dependa de muitos outros factores, como se pode ver na Figura 3.1.36;
- **Heterogeneidade na temperatura radiante:** a temperatura superficial radiante não deverá variar mais de 5°C relativamente à temperatura ambiente no caso de tectos e paredes. No caso de pavimentos esta variação poderá chegar aos 10°C. A diferença admissível entre as temperaturas radiantes das superfícies reduz-se ainda mais quando a temperatura ambiente estiver já perto dos valores limite, ou quando a dimensão do compartimento for menor;
- **Taxa de renovação de ar e velocidade do ar:** enquanto uma taxa de renovação de ar de 0,5 renovações por hora (rph) pode ser a mínima admissível, o valor normal de projecto em habitação é de 1rph. No entanto é também necessário salvaguardar que a velocidade do ar interior não ultrapasse determinados valores, considerando-se geralmente que, para uma situação de conforto, não exceda 0,15m/s no Inverno e 0,25m/s no Verão. No Verão será admissível atingir velocidades até 0,8m/s, mas acima desta velocidade objectos leves e soltos podem voar pelo compartimento;
- **Iluminância:** os valores de iluminância para uma situação de conforto dependem da actividade, pelo que o desenho das fachadas, as características dos envidraçados e as potencialidades de regulação dos mesmos têm de se adequar às necessidades dos ocupantes. Os valores de iluminâncias recomendados em diversas zonas de uma habitação são apresentados na Tabela 3.1.1:



**Figura 3.1.36.** Diagramas psicrométricos com zonas de conforto térmico de Rafael Serra (a) (Serra e Coch, 1995) e Bradshaw (b) [adaptado de (Bradshaw 1993)]

**Tabela 3.1.1.** Valores de iluminância recomendados em habitação

Local	Iluminâncias lux)
Zonas de circulação	50-100
Salas de estar	100
Salas de jantar / cozinhas	200
Zonas de estudo	300-500

No caso da iluminação natural os requisitos em termos de iluminâncias podem ser traduzidos no Factor de Luz-do-Dia (FLD) no plano de trabalho (normalmente considerado a 0,70m do pavimento):

Tabela 3.1.2. Factores de Luz-do-Dia recomendados em habitação

Local	Factores de Luz do Dia
Quartos de dormir	0,5% (a $\frac{3}{4}$ da profundidade do compartimento)
Cozinhas	2% (a meio da profundidade do compartimento)
Salas de estar	1% (a meio da profundidade do compartimento)

- **Intensidade luminosa:** a qualidade da iluminação dum compartimento não depende apenas da luminância nas áreas de trabalho, mas igualmente deverá ser evitado o encandeamento. Para evitar o encandeamento deverão ser respeitados determinados valores máximos de quocientes de luminâncias, nomeadamente os referidos na seguinte Tabela:

Tabela 3.1.3. Quocientes de luminâncias recomendados em habitação

Luminâncias	Quociente
Fundo da tarefa visual : ambiente	3 : 1
Fundo da tarefa visual : campo periférico	10 : 1
Fonte de luz : campos adjacentes	20 : 1
Interior em geral	40 : 1

- **Isolamento sonoro:** é normalmente difícil conseguir um isolamento sonoro favorável, quando ao mesmo tempo se quer ter iluminação, ganhos solares térmicos e uma boa ventilação natural. Existem no entanto sistemas de caixilharias com melhores desempenhos, nomeadamente equipados com grelhas de ventilação acústicas. É também possível a duplicação de caixilharias e vidros, que permitem um melhor compromisso entre as diversas solicitações.

As temperaturas ambiente e radiante interiores, bem como a iluminação natural, são resultantes das trocas entre os ganhos interiores e exteriores, por um lado, e as perdas por condução e convecção através da pele dos edifícios, por outro. O isolamento sonoro é também um factor a ter em conta. Certas características da pele exterior vão condicionar estas trocas, nomeadamente:

- **Relação entre a área de fachada opaca e a área de fachada transparente ou translúcida:** Na arquitectura tradicional esta relação varia com o clima, pelo menos em edifícios de habitação, já que pequenas aberturas estão geralmente associadas a climas quentes e secos, ver Figura 3.1.37 e 3.1.38, e grandes aberturas a climas frios (com grande isolamento) e a climas tropicais quentes e húmidos (sem isolamento e com ventilação), ver Figura 3.1.39 e 3.1.40; Nos climas temperados, tal como em Portugal, as soluções são mais flexíveis, pelo que se torna mais fácil cometer erros, ainda que estes não sejam em geral tão graves como em climas extremos;
- **Relação entre as zonas abertas e fechadas da caixilharia:** a sua posição e regulação, de forma a permitirem a ventilação natural dos espaços interiores e a renovação do ar duma forma controlada;
- **Coefficiente Global de Transferência de Calor (U):** o inverso é a Resistência Térmica total ( $R_t$ ). Normalmente o Coeficiente U é significativamente menor nas áreas de fachada e cobertura opaca, do que nas áreas transparentes ou translúcidas. Por exemplo, para uma parede dupla opaca em tijolo de 11+15cm, rebocada nas faces exterior e interior, com isolamento de 4cm de poliestireno expandido extrudido,



Figuras 3.1.37 e 3.1.38. Arquitectura em climas continentais quentes – Taos Pueblo, Novo México (Great Buildings Online 2003) e casa contemporânea no deserto de Joshua Tree National Monument, Califórnia, de Josh Schweitzer (Jodidio 1995)



Figuras 3.1.39 e 3.1.40. Arquitectura tropical - Casas tradicionais no Bornéu, Filipinas (Seleccções do Reader's Digest 1973) e casa contemporânea no Norte da Austrália, de Glenn Murcutt (The Architectural Review 1996)



**Figuras 3.1.41 e 3.1.42.** Vistas exterior e interior de ampliação de edifício da administração pública em Amsterdão, de Steven Holl (Schittich 2001)

preenchendo parcialmente uma caixa-de-ar de 8cm, é de aproximadamente  $0,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Para um envidraçado duplo de  $4+(6)+6\text{mm}$ , o coeficiente  $U$  é de  $3,3\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  (Saint-Gobain Glass 2000). O factor de concentração das perdas ( $f_c$ ) refere-se às heterogeneidades que um elemento de construção pode ter em termos de coeficientes de transmissão térmica na extensão de toda a fachada, sendo 1 para elementos sem descontinuidades de transmissão térmica (por exemplo com isolamento contínuo pelo exterior);

- **Factor de obstrução:** percentagem da radiação que passa através dum elemento transparente com áreas opacas, que podem ser os perfis da caixilharia, elementos sombreadores, vegetação, etc. Este valor depende do ângulo de colocação dos elementos sombreadores e da variação da posição do sol ao longo do ano. Os elementos translúcidos, aparentemente homogêneos, podem nalguns casos ser comparados a sistemas não uniformes, com um determinado factor de obstrução, dependendo da escala dos elementos de obstrução. No pavilhão de Steven Holl em Amsterdão, destinado à ampliação de um edifício de administração pública, os elementos que sugerem a parte opaca da fachada foram substituídos por chapas perfuradas, tanto no exterior (Figura 3.1.41) como no interior (Figura 3.1.42), utilizando os factores de obstrução para a obtenção de efeitos dinâmicos, que alteram a percepção visual do edifício consoante os ângulos e as horas nos quais se observa;
- **Factor Solar ( $g$ ):** é o quociente entre a energia que entra através do elemento transparente ou translúcido e a radiação que nele incide. Por exemplo para um vidro simples incolor de 4mm o  $g$  é de 0,85, para um vidro duplo incolor de  $4+(6)+6\text{mm}$ , o  $g$  é de 0,74, valores obtidos segundo a EN 410 (RCCTE 1990);
- **Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, ponderado ( $D_{n,w}$ ):** O isolamento sonoro é normalmente proporcional à massa do elemento, pelo que as áreas de parede opaca pesada têm geralmente uma atenuação acústica superior às áreas transparentes. Por exemplo, para uma parede dupla opaca convencional em tijolo de  $11+15\text{cm}$  rebocada nas faces exterior e interior, com uma caixa-de-ar de 8cm sem elemento absorvente, o  $D_{n,w}$  é de aproximadamente 55dB (cálculo apresentado no Capítulo VI e metodologia no Anexo 1). Para um vidro simples de 4mm o  $D_{n,w}$  é de 30dB, medidos segundo a norma EN ISO 140. Para um envidraçado duplo de  $4+(6)+6\text{mm}$ , o  $D_{n,w}$  é de 34dB (Saint Gobain Glass 2000).

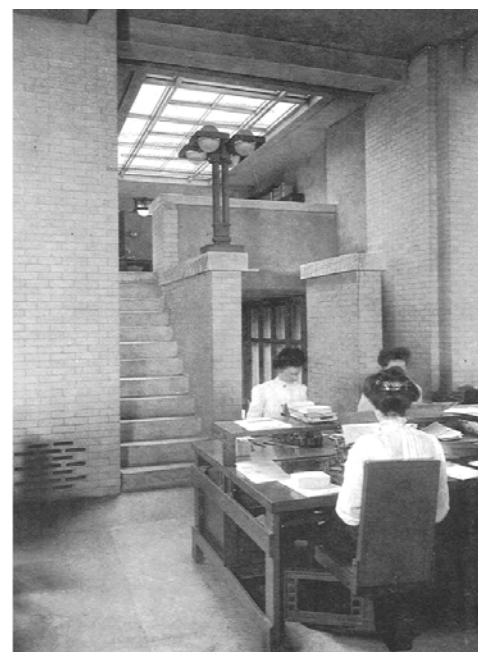
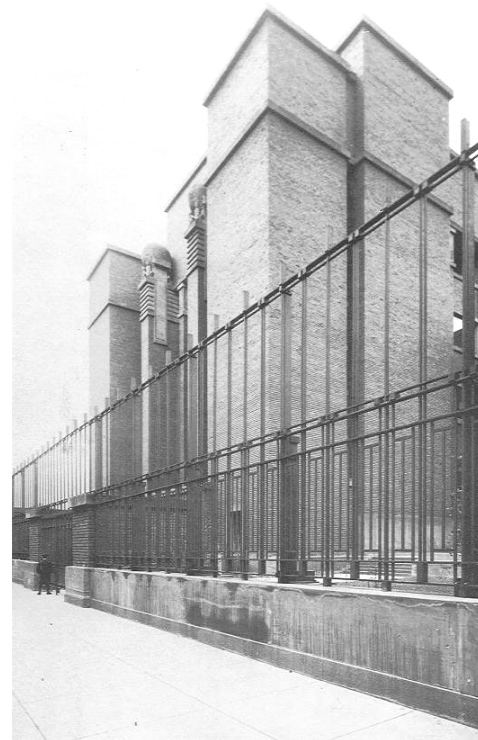
A pele dos edifícios na arquitectura residencial vernacular Portuguesa, até meados do século XIX, era desenhada de acordo com as condições climáticas locais e os materiais disponíveis, normalmente com maior massa térmica na fachada em zonas do interior, mais continentais e menor massa térmica em zonas marítimas, mais temperadas. A iluminação natural era um aspecto secundário, pelo menos em habitação, já que sobre este aspecto as tecnologias construtivas disponíveis ofereciam menos opções do que as actuais, essencialmente pela maior dificuldade na

obtenção de vidros. Como já foi referido anteriormente, os vidros até ao século XIX eram muito caros e antes da Idade Média nem sequer estavam disponíveis para uso em janelas. Foi apenas na segunda metade do século XIX que, com a industrialização do fabrico, se tornou mais vulgar a sua utilização em janelas e que desta forma cobrisse grandes áreas, tornando-se num material comum. Este facto veio incrementar a necessidade de utilizar sistemas de protecção solar, como estores e persianas, de acordo com as condições climáticas.

A introdução dos sistemas de climatização mecânicos (AVAC) teve a sua origem no início do século XX, inicialmente em edifícios de grande altura, nos Estados Unidos. O “Larkin Administration Building” (Figuras 3.1.43 e 3.44) de Frank Lloyd Wright, acabado de construir em 1906 e localizado em Búfalo, Nova Iorque, dispunha de um sistema de climatização mecânico centralizado, para aquecimento e arrefecimento (Arnold 1999). Wright afirmaria mesmo na sua autobiografia, que este foi o primeiro edifício dos Estados Unidos com ar condicionado (Wright 1943). Apesar dos primeiros exemplos datarem das primeiras décadas de 1900, os sistemas AVAC apenas se generalizaram nos anos 50, após o fim da 2ª Guerra Mundial. Esta generalização impulsionou os projectistas a subverter a relação natural na adequação das características da pele exterior com o clima. Isto trouxe o aparecimento de grandes superfícies vidradas em climas e orientações pouco recomendáveis, com os consequentes problemas de grandes consumos energéticos associados à manutenção do conforto. Nos anos 70, a repentina subida dos custos energéticos e a tomada de consciência dos problemas ambientais associados à produção de energia a partir de combustíveis fósseis e nuclear, viria a alterar a tendência que se vinha sentindo para uma arquitectura descontextualizada do clima. Desta forma sentiu-se uma necessidade crescente de equacionar as implicações energéticas da pele dos edifícios. No caso da habitação, em que os ganhos internos não são muito significativos e, no caso concreto do clima português, as necessidades de aquecimento durante o Inverno são facilmente preenchidas por uma correcta orientação e dimensionamento das áreas envidraçadas, um bom isolamento térmico, incluindo o isolamento nocturno das áreas de envidraçados, e uma determinada massa térmica. Por outro lado, as necessidades de arrefecimento, no Verão, são normalmente resolvidas com o correcto desenho da pele exterior, permitindo uma ventilação para arrefecimento nocturno, o sombreamento dos envidraçados e uma determinada massa térmica no interior. Estes sistemas, ditos solares passivos, serão detalhadamente desenvolvidos no Capítulo V.

A energia solar pode ser aproveitada, através da pele dos edifícios, de duas formas:

- **Sistemas passivos:** Refere-se à utilização de sistemas de ganho directo ou indirecto, mas sempre passivos. Ainda que possa existir armazenamento, este não é independente do sistema e portanto não pode ser aproveitado fora das horas previstas de funcionamento do mesmo. Tem directamente a ver com a orientação da fachada, a forma do edifício e a



Figuras 3.1.43 e 3.1.44. Vista exterior e interior do “Larkin Administration Building” em Búfalo, Nova Iorque, de Frank Lloyd Wright (Pfeiffer 1993)

sua posição relativa a obstáculos sombreadores, como outros edifícios ou vegetação. A energia solar pode ser assim aproveitada para aquecimento, arrefecimento, ventilação natural e iluminação directas.

- **Sistemas de ganho indirecto activos:** Refere-se à utilização de sistemas indirectos integrados na envolvente, que se distinguem dos sistemas passivos pela existência de armazenagem, mas com um controle que permite aproveitar os ganhos independentemente das horas a que sejam necessários. Exemplos destes sistemas são os colectores solares a água ou óleo para aquecimento de água sanitária ou do ar ambiente interior. Outro sistema activo, cada vez mais utilizado integrado em caixilharias de fachada ou cobertura, recorre à utilização de painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica. A integração destes em soluções translúcidas permite alguma economia de recursos, comparando com a utilização convencional não integrada.

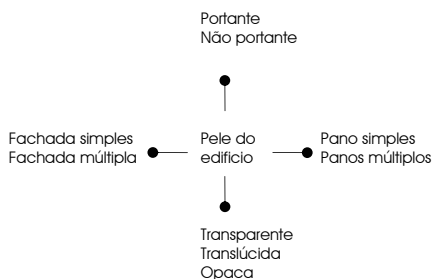
### 3.1.6. Classificação dos tipos de pele exterior

Existem vários tipos de classificação possíveis para a pele exterior dos edifícios. Estas classificações estão esquematizadas na Figura 3.1.45 e abrangem basicamente os aspectos estruturais, as heterogeneidades/homogeneidades e a opacidade/transparência.

#### 3.1.6.1. Aspectos estruturais

Os elementos de cerramento da envolvente exterior poderão ser classificados de acordo com as suas características estruturais em dois tipos:

- **Cerramento portante:** Os cerramentos exteriores podem dizer respeito a fachadas ou a coberturas. Os elementos de fachada, verticais, presentes nas construções tradicionais em Portugal eram, até há cerca de 50 anos atrás, geralmente compostos por elementos a trabalhar à compressão, por exemplo em pedra, em adobe ou em tijolo maciço. As construções realizadas em troncos de madeira, características de países frios, nomeadamente do Norte da Europa e Canadá, são também um exemplo de fachada portante, ainda que mais ligeira. No caso das coberturas, os elementos estruturais a trabalhar à flexão são os mais comuns. Elementos a trabalhar à compressão em coberturas eram menos comuns, como por exemplo as abóbadas e as cúpulas, sendo apenas realizados em construções de maior dimensão ou mais importantes do que a habitação comum. Nas construções de menor dimensão os elementos estruturais utilizados em cobertura e pavimento eram geralmente de madeira. Durante o século passado esta foi sendo gradualmente substituída por lajes de betão: maciças, aligeiradas em vigotas de betão e abobadilhas de tijolo ou betão, alveolares e fungiformes, no caso de Portugal e da generalidade dos países do Sul e centro da Europa. Como soluções menos comuns de coberturas podem referir-se as cascas e as membranas. As cascas são um exemplo de cobertura caracterizada por uma pequena espessura,



**Figura 3.1.45.** Diversos tipos de classificação das peles exteriores dos edifícios

permitida pela optimização estrutural da sua forma geométrica e onde os elementos construtivos trabalham essencialmente à compressão. Uma das coberturas mais representativas deste tipo é o “Mathew Nowicki State Fair Arena” apresentado na Figura 3.1.46. As construções suspensas, como a que se apresenta na Figura 3.1.47, e as pneumáticas são igualmente um exemplo de cerramento portante, mas neste caso os elementos estruturais encontram-se essencialmente a trabalhar à tracção. As características das membranas, utilizadas geralmente em coberturas suspensas ou pneumáticas, foram aperfeiçoadas nos últimos anos, pelo que a sua utilização se tem tornado mais viável e mesmo vantajosa. Por esta razão serão detalhadamente referidas no Capítulo IV.

- **Cerramento não portante:** Os cerramentos não portantes são também utilizados em fachadas e coberturas. As fachadas não portantes podem ser compostas de vários materiais, tais como madeira, vidro, metal, tijolo, pedra, etc. As primeiras habitações que o homem construiu eram geralmente compostas de elementos estruturais (madeira e ossos de animais) que davam suporte aos cerramentos não portantes de peles e/ou fibras naturais. No caso da construção convencional actual em Portugal, a maior parte das fachadas opacas são realizadas em alvenaria não portante de tijolo furado, geralmente dupla e, nalguns casos, a parede exterior em tijolo maciço ou perfurado, blocos de betão, pedra ou adobe. Mais raramente, a parede interior pode ser em adobe, bloco de betão ou pedra, por razões estéticas ou com a função de acumulador térmico. As fachadas totalmente transparentes são na maior parte das vezes não estruturais, ainda que não sejam comuns no caso de habitação, por razões de conforto, mas também de privacidade.



Figura 3.1.46. Cobertura casca no “Mathew Nowicki State Fair Arena” (Berger 1996)



Figura 3.1.47. Cobertura de membrana num campo de ténis em Paris

### 3.1.6.2. Constituição das camadas das paredes

Outra classificação possível para a caracterização das peles exteriores dos edifícios é com base nas camadas ou panos de parede, podendo distinguir-se dois tipos essenciais:

- **Panos simples:** O desempenho físico dos panos simples de fachada é essencialmente determinado por um só material, de características homogéneas, o que implica uma maior dificuldade em conseguir um bom desempenho físico simultaneamente com baixos custos económico e ambiental, e espessura e massa reduzidas.
- **Panos múltiplos:** O desempenho físico pode ser incrementado e optimizado quando se utilizam vários materiais, já que cada um pode desempenhar um papel mais específico mas complementar no conjunto. Um pano múltiplo pode por exemplo incluir: um material para protecção e acabamento exterior; uma caixa-de-ar ventilada para impedir condensações; uma camada de isolamento para aumentar a resistência térmica; uma camada/estrutura de suporte para aumentar a resistência mecânica; massa térmica interior, para reduzir as flutuações térmicas, etc..

### 3.1.6.3. Transmissão térmica e luminosa

Um outro critério importante para a classificação das peles dos edifícios é a capacidade de transmissão térmica e luminosa. No que diz respeito ao balanço energético total dos edifícios, a pele é o mais importante sub-sistema estrutural. Para a integração de sistemas energéticos solares, a pele envolvente exterior constitui a principal interface entre a arquitectura e a tecnologia solar, quer visual quer estruturalmente (Schittich 2001).

Podem distinguir-se dois tipos de situações: enquanto que para haver transmissão luminosa as peles têm de ser de tipo transparente ou translúcido, já que neste caso os ganhos são sempre directos, no caso da transmissão térmica pode haver ganhos indirectos ou directos, podendo ser paredes opacas com ganhos indirectos, ou transparentes / translúcidas com ganhos directos. Podem ser aplicados sistemas mistos com panos transparentes e opacos, em sistemas de ganho indirecto tipo Parede Trombe, ou combinando soluções de ganho directo com indirecto. Podem também ser exploradas as questões de sombreamento, de sistemas reflectores, etc. Esta abundância de diferentes características funcionais torna possível a organização dos diversos componentes em sistemas que se adaptem às solicitações particulares de cada local. Os isolamentos translúcidos são particularmente interessantes no caso da iluminação natural e dos ganhos indirectos.

As soluções construtivas utilizadas na pele exterior deverão satisfazer, da melhor forma possível, os aspectos relacionados com a função, a estética, os requisitos dos ocupantes, os custos ambiental e económico e, simultaneamente, minimizar os consumos energéticos durante a utilização. A pele exterior deverá sempre ser considerada em termos da interacção recíproca com as energias naturais. Torna-se assim necessário responder aos seguintes requisitos:

- Quais são as condições exteriores, como estas variam ao longo do ano e do dia e como deverão ser consideradas no que diz respeito à envolvente construída e ecossistema?
- Quais são os requisitos dos ocupantes para as condições ambientais interiores?
- Qual é o perfil energético global do edifício construção / uso?
- Podem ser utilizados materiais com um baixo conteúdo energético de produção ou com um longo ciclo de vida, nomeadamente através da reutilização ou reciclagem?
- A pele exterior será adaptável às diferentes necessidades dos ocupantes?
- Poderá a massa térmica existente compensar satisfatoriamente as flutuações térmicas?
- Quais as possibilidades máximas de utilizar energias naturais? Existem opções específicas para a utilização de sistemas directos e/ou indirectos de energia solar? Será possível conceber a pele do edifício de forma a permitir a renovação de ar por ventilação natural? Existe a opção de eliminar o excesso de calor armazenado por ganhos solares no Verão pela fachada, nomeadamente por arrefecimento nocturno?
- Existe a opção de integrar sistemas energéticos activos na fachada, por exemplo através de células fotovoltaicas?



### 3.1.7. Sistemas de produção energética integrada

Um desenvolvimento recente das peles exteriores dos edifícios diz respeito à sua utilização para produção de energia com sistemas activos, utilizando colectores solares térmicos ou células fotovoltaicas integradas. Se bem que este tema não se enquadre directamente nos aspectos energéticos solares passivos nos quais este trabalho se centra, não se poderia deixar de tecer alguns comentários pelo facto da sua utilização poder ter também implicações nos aspectos ambientais. Recorrendo à energia produzida no interior do sistema “edifício”, quer através de produção eléctrica com células fotovoltaicas, quer pelo aquecimento de água sanitária através de colectores solares térmicos, permite-se a redução dos consumos eléctricos ou de energia geralmente proveniente de combustíveis fósseis.

#### 3.1.7.1. Colectores solares térmicos

É um termo geral para sistemas que absorvem radiação solar, transformam-na em calor e distribuem este através dum fluido (água, ar). Os colectores solares térmicos podem ser dos seguintes tipos:

- Planos;
- Cilíndrico – esféricos;
- Concentradores cónicos;
- Campos de espelhos.

Para a colocação em edifícios os colectores mais utilizados são:

- **Planos:** não têm concentração de raios solares num ponto, ou têm baixa concentração, funcionam para temperaturas baixas, normalmente abaixo de 90°C, captam tanto a radiação directa como a difusa. Estes colectores são usados principalmente para AQS (Águas Quentes Sanitárias), assim como para pré-aquecimento industrial, aquecimento de piscinas e secagem industrial.
- **Concentradores:** trabalham com temperaturas dos fluidos elevadas, apenas captam radiação directa, possuem um baixo rendimento em tempo nublado, pelo que são mais adequados para climas secos. Estes colectores têm como principais funções o aquecimento (doméstico e industrial) e para fornecimento de electricidade. Começam igualmente a surgir sistemas para refrigeração.

Tipos de sistemas:

- **A água:** são adequados para AQS em usos residenciais. Nestes sistemas é necessário precaver a corrosão e o congelamento e é necessária manutenção periódica;
- **A ar:** para aplicações específicas, mais do tipo industrial, sem implementação significativa em habitação.

Para a selecção de um sistema de aproveitamento solar é muito importante o estudo da climatologia local. A escolha da inclinação e orientação das superfícies colectoras também é dependente do local, assim como do objectivo final do sistema. Em Portugal, no Verão, o sol apresenta-se mais alto, e assim a radiação solar incide quase na perpendicular. No Inverno o sol apresenta-se mais baixo,

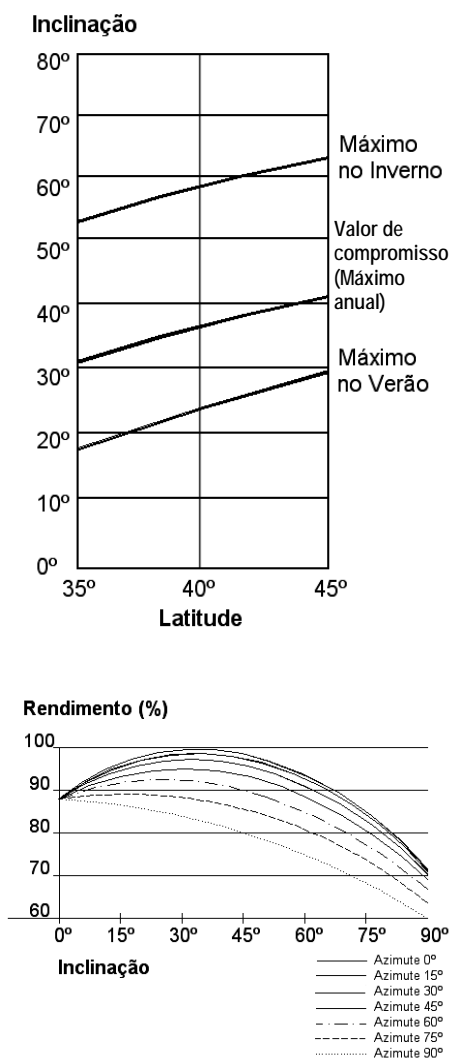


Figura 3.1.48. Rendimento dos painéis solares em função da inclinação, latitude e azimute (Antunes 2000)

como tal a radiação solar incide com pouca inclinação. Em teoria os colectores deveriam estar orientados consoante a latitude, assim como a estação do ano, como se pode ver na Figura 3.1.48. Este facto é ultrapassado com facilidade para o caso da latitude, mas para as estações do ano já poderá ser problemático. Assim, para Portugal, os colectores deverão estar orientados a Sul  $\pm 15^\circ$ , mas também é necessário jogar com a inclinação. A inclinação tem de ser escolhida “caso a caso”, pois depende da finalidade e época de utilização dos colectores, tendo que se chegar a valores de compromisso (Antunes 2000).

Os impactes ambientais dos colectores solares térmicos, ainda que reduzidos são os seguintes:

- **Depleção de Recursos Abióticos:** o principal impacte ambiental associado a esta tecnologia manifesta-se pela utilização de energia e matérias-primas para o fabrico dos sistemas. Contudo, após a instalação, não existem consumos significativos de materiais e energia, reduzindo-se estes, eventualmente, a pequenas quantidades de aditivos ao fluido e ao consumo energético de uma pequena bomba de circulação (quando presentes).
- **Impacto Visual:** os compos de painéis colectores de grande potência, ocupam áreas significativas, o que resulta num impacte visual significativo. Os sistemas de pequena dimensão, os mais comuns em habitação, sobretudo quando instalados em telhados ou fachadas, têm impactes visuais reduzidos e podem mesmo ser esteticamente aproveitados no desenho das mesmas.
- **Riscos Químicos:** os materiais utilizados nestes sistemas são, em geral, de perigosidade reduzida, sendo os painéis normalmente constituídos por metais e vidro.
- **Resíduos Sólidos e Perigosos:** a deposição e tratamento inadequados dos materiais após o desmantelamento podem conduzir à contaminação das zonas envolventes. Desta forma, os metais deverão ser reciclados, devendo os fluidos ser encaminhados para tratamento adequado.

### 3.1.7.2. Painéis fotovoltaicos

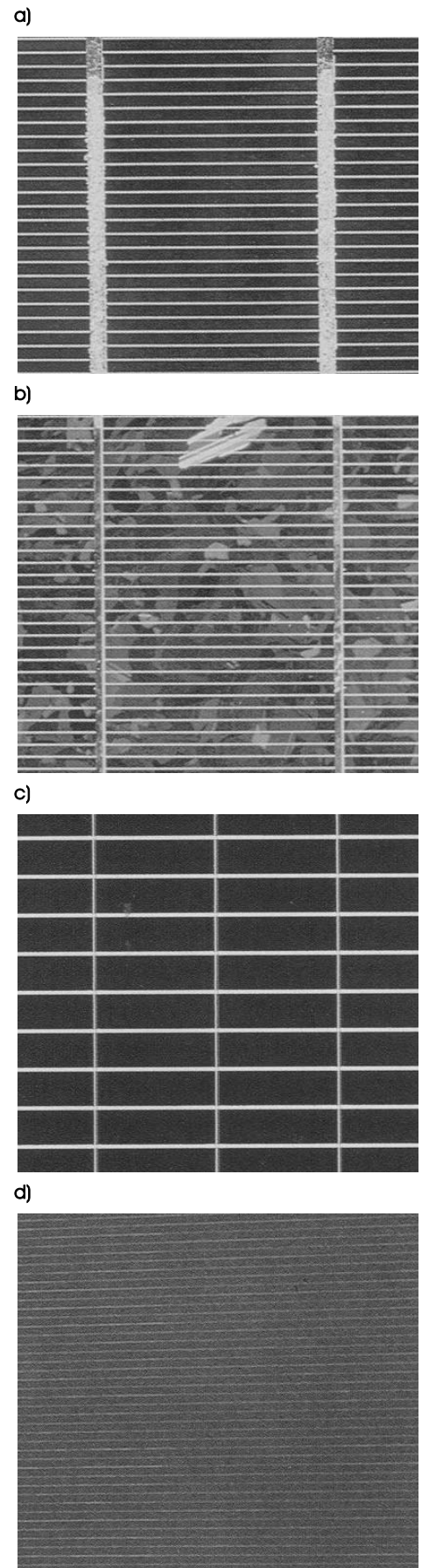
Os Painéis fotovoltaicos (PV) são sistemas de produção energética que convertem a energia solar directamente em electricidade. Os painéis são compostos por uma justaposição de células, naquilo que se pode chamar módulos. Estes sistemas produzem energia de corrente contínua (DC) que necessita ser transformada em energia de corrente alternada (AC) a 220V, no caso da rede doméstica em Portugal, com um conversor (DC-AC) por forma a poder entrar na rede eléctrica convencional, a não ser que a aplicação seja para sistemas autónomos com acumuladores e para alimentação de equipamentos de baixa-voltagem. Em termos de aparência, bem como de rendimento, os produtos actualmente disponíveis no mercado, no campo dos fotovoltaicos, cobrem um grande leque de opções, nomeadamente em termos de cores, de superfícies de acabamento, de formas e mesmo de transparências. O material básico na composição das células fotovoltaicas é o semi-condutor Silício. As células fotovoltaicas têm uma eficiência eléctrica relativamente baixa. Além disso a eficiência pode ser afectada

pela intensidade da radiação, área superficial e temperatura. Existem basicamente quatro tipos de células fotovoltaicas (Schittich 2001):

- **Células de Silício monocristalino:** as células compostas de silício monocristalino são produzidas em espessuras de  $300\mu\text{m}$ . Possuem uma estrutura extremamente pura e cristalina. São bastante caras e difíceis de fabricar, podendo atingir eficiências entre os 14 e 17% (Figura 3.1.49.a));
- **Células de Silício policristalino:** as células compostas de silício policristalino são produzidas em espessuras de  $300\mu\text{m}$ . São caracterizadas pela sua impureza, estrutura parcialmente cristalina e facilidade de fabrico, sendo os mais económicas. A sua eficiência está entre os 12 e os 14% (Figura 3.1.49.b));
- **Células de Silício amorfo:** estas células são compostas por filmes finos, tendo uma espessura total de  $1\mu\text{m}$ . Possuem diferentes tipos de cristais. São relativamente económicas e de fácil fabrico, utilizadas principalmente para grandes superfícies de painel. A sua eficiência está entre 5 e 7% (Figura 3.1.49.c));
- **Células CIS:** as células de Cobre, Índio e Selenato (CIS) são as menos comuns. Esta é uma nova tecnologia, com poucos requisitos em relação aos materiais utilizados e adequada para aplicações em grandes áreas e podendo ser feitas em diversas formas. Têm uma espessura total de  $1\mu\text{m}$ . Possuem uma eficiência de aproximadamente 8% (Figura 3.1.49.d)).

Usualmente utilizam-se 30 a 40 células combinadas em unidades pré-fabricadas, chamadas de módulos. As células fotovoltaicas mais comuns são multi-camadas, ou seja, tanto podem estar embebidas numa resina sintética entre placas de vidro, como entre um vidro e uma lâmina sintética, cuja parte traseira pode ser opaca, translúcida (vidro de cor, película difusora de luz), ou transparente (vidro simples, película transparente), dependendo da necessidade. As células de Silício amorfo podem também ser montadas em carregadores flexíveis, tais como folhas plásticas ou metálicas. Além destas, estão disponíveis células polidas semi-transparentes, assim como processos de impressão de células CIS. A performance de um sistema fotovoltaico é indicada a partir de valores em Wp e kWp, em que p significa factor de pico, ou carga máxima que pode ser transferida para o circuito ao qual está ligada a instalação (no entanto este é um valor relativo). Este valor é normalmente calculado com base na radiação incidente de  $1000\text{W}/\text{m}^2$  a temperaturas de  $25^\circ\text{C}$ . Na realidade, a performance da instalação é aproximadamente 90% deste factor (Antunes 2000).

Os sistemas fotovoltaicos geram poucos impactes ambientais, permitindo o aproveitamento de um recurso renovável para produzir electricidade sem gerar emissões atmosféricas. No entanto ocorrem alguns impactes ambientais negativos associados a esta forma de energia, decorrentes da ocupação de áreas relativamente extensas e do processo e materiais envolvidos na produção das células. A integração em áreas "inúteis" do edifício, como as coberturas ou mesmo algumas fachadas anula o primeiro problema referido. Desta forma, os principais impactes ambientais



**Figuras 3.1.49.** Imagens do aspecto exterior de Células, respectivamente e de cima para baixo: a) Silício monocristalino, b) Silício policristalino, c) de Silício amorfo, d) CIS (Schittich 2001)

ocorrem nas fases de produção, construção e desmantelamento dos sistemas, sendo os impactos na fase operacional bastante reduzidos (OECD/IEA 1998).

### 3.1.7.3. Integração de sistemas solares activos na pele exterior

Para se poder falar de integração de sistemas solares activos implica que o componente solar se torne uma parte integrante da fachada ou cobertura, cumprindo dessa forma um papel estrutural ou funcional (por exemplo de impermeabilização, sombreamento, iluminação, etc.). Desde o início dos anos 90 que o termo “fachada solar” se tem tornado mais frequente, quer no campo da investigação, quer na prática. É frequentemente definido para sistemas em que a função de protecção climática, solar passiva térmica e luminosa da fachada é complementada pela função adicional de produção energética activa. Apesar do mais baixo rendimento e maior exigência em termos de detalhe, a instalação de painéis em fachadas pode tornar-se viável, por exemplo quando a forma da cobertura não é apropriada, quando a área disponível da cobertura não é suficiente, ou quando a fixação dos sistemas se torna inviável por falta de resistência e capacidade portante da cobertura.

Deve garantir-se que a integração dos painéis solares, de qualquer tipo, não entre em conflito com as características formais e funcionais dos edifícios, mas seja antes complementar, de forma a optimizá-las. Quando se fala de integração em arquitectura, esta muitas vezes limita-se à estética. Mas a forma e a cor não determinam por si só o quanto a “integração” de sistemas solares activos pode ser apropriada. No sentido de integrar visualmente os sistemas solares na pele dos edifícios, deve primeiro analisar-se as principais características tipológicas da cobertura ou fachada.

Numa primeira abordagem, a mais óbvia, deverá ter-se em conta a existência de obstáculos que criem sombra e possam dessa forma limitar o rendimento dos painéis. Nas coberturas a integração é mais fácil, pela ausência na maior parte dos casos, de obstáculos de sombreamento, e pela maior área exposta à radiação, normalmente disponível para a integração dos mesmos.

Devido às particulares características de peso próprio e de requisitos funcionais, a integração de painéis solares térmicos e de painéis solares fotovoltaicos em fachadas tem alguns aspectos particulares. A maior dificuldade de integração em fachadas deve-se à geometria - normalmente superfícies verticais - e, por isso, menos eficientes, nomeadamente durante o Verão. Nem todas as orientações são viáveis, especialmente no caso dos painéis solares térmicos, onde apenas são viáveis as orientações de Sul ou com pouca variação a Este e Oeste (15°). Deve-se também a uma maior dificuldade de execução de montagem - necessidade dum maior cuidado nos detalhes de fixação e na aparência estética - pelo maior protagonismo que toma no exterior do edifício.

A integração dos painéis pode não apenas apresentar dificuldades, mas pelo contrário englobar aspectos vantajosos que podem consistir, por exemplo; no sombreamento para protecção

das telas de impermeabilização ou para limitar os ganhos térmicos numa clarabóia, no caso de coberturas, ou no sombreamento de janelas, no caso das fachadas.

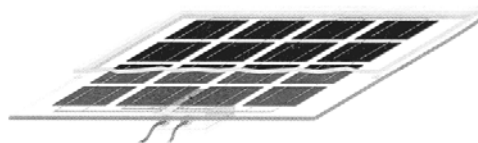
A adaptabilidade dos painéis no que diz respeito à integração na camada de estanquicidade é outro aspecto importante. O conjunto dos painéis pode ser totalmente estanque e servir de camada de escoamento da água, podendo assim funcionar como um sistema completamente autónomo. No caso em que não é estanque, o seu posicionamento relativamente à camada que conduz a água pode ser interior ou exterior, funcionando nos dois casos como elemento sombreador, ou como reforço da capacidade de isolamento térmico e de isolamento sonoro. A classificação dos princípios de posicionamento de integração é, em grande parte dos casos, comum aos dois sistemas, sendo mostrada na Figura 3.1.50. Esta classificação sobre a posição dos painéis relativamente à camada de estanquicidade, é aplicável a fachadas verticais, a fachadas inclinadas e a coberturas.

Os colectores solares térmicos podem ser integrados em fachadas transparentes ou translúcidas “quentes”, para ganho indirecto com armazenamento térmico, ou em fachadas “frias”, de ganho directo. Neste último caso a sua utilização é menos viável, pois implica a perda total dos ganhos pelo sombreamento total causado pelos painéis. A integração de painéis térmicos em caixilharias é normalmente mais complexa, pela elevada espessura deste tipo de painéis, não sendo comuns produtos deste tipo. A instalação é geralmente feita sobre ou sob a camada de estanquicidade. No caso das fachadas opacas, a instalação de painéis térmicos é normalmente feita por adição sobre a camada exterior de estanquicidade. Em coberturas de pouca pendente, em terraços ou no solo, os painéis solares térmicos são instalados sobre uma sub-estrutura metálica, que serve para definir o ângulo de inclinação e, nalguns casos, também para integrar o depósito de água. Esta tem de ser relativamente forte, para aguentar com as pressões do vento, pelo que os pontos de fixação terão de ser devidamente previstos.

A integração em fachadas dos painéis fotovoltaicos é muito mais simples, devido ao reduzido peso e espessura, bem como à adaptabilidade dos sistemas, pelo que praticamente todas as situações com alguma lógica são possíveis, nomeadamente fixação a qualquer tipo de fachada ligeira. O facto do rendimento não ser tão afectado pela orientação, permite que os painéis fotovoltaicos sejam utilizados, por exemplo, como lajetas sobre coberturas planas, ou integrados em telhas, em superfícies que podem não ser totalmente orientadas para a melhor exposição solar. Uma característica particular no caso dos painéis fotovoltaicos é a possibilidade da sua utilização em sistemas opacos ou translúcidos. As células fotovoltaicas podem ser integradas entre vidros, como se pode ver na Figura 3.1.51, sendo assim possível obter vidros laminados, ainda que com algum factor de obstrução, pois não existem células totalmente transparentes. Este factor de obstrução poderá no entanto ser maior ou menor em função do espaçamento entre as células e a dimensão das mesmas, mas



**Figura 3.1.50.** Posicionamento dos Painéis solares térmicos ou fotovoltaicos em relação à camada de estanquicidade



**Figura 3.1.51.** Painéis fotovoltaicos integrados em vidros de fachada. Em cima, sombreador de lâminas de vidro verticais. Em baixo, sistema de vidro laminado com células fotovoltaicas (Saint Gobain 2000)

sempre reduzindo o rendimento do sistema. É possível a sua introdução em sistemas de sombreamento, nomeadamente em lâminas exteriores fixas ou orientáveis, como se pode ver na Figura 3.1.51 inseridos em vidros laminados, mas no caso de se pretendem ganhos solares directos no Inverno, tem de se contar com pouco rendimento dos painéis pois, ainda mais que nos sistemas translúcidos, quanto maior for a quantidade de radiação que chega ao interior, menor é o rendimento.

Como outras inovações técnicas no campo da construção, a integração das tecnologias solares activas modificam a estética dos edifícios, quer novos quer reabilitados. Um objectivo essencial é não apenas focar na integração funcional mas também zelar por um efeito estético positivo, ou pelo menos aceitável. O desafio é encontrar soluções de desenho adequadas para estas inovações técnicas. Muitas soluções foram já criadas ao longo da história das tecnologias solares passivas e mais recentemente das activas, mas muito se pode ainda fazer, quer em termos quantitativos, quer em termos qualitativos, desenvolvendo novos sistemas e conceitos.

### 3.1.8. O futuro – a pele exterior reactiva?

A pesquisa sobre novos materiais, processos de fabrico e componentes de fachada, irá seguramente trazer alterações ao aspecto e desempenho futuro das peles dos edifícios. Se até há poucos anos o raciocínio se baseava na relação entre janelas (panos transparentes) e paredes (panos opacos), os avanços tecnológicos e optimização dos materiais e sistemas disponíveis actualmente, exemplificam o potencial de transformação que as fachadas poderão ter no futuro.

Para se poder entender o conceito de “fachada reactiva” ou de “pele” exterior, pode contrapor-se este ao conceito tradicional de parede – onde estas podem ser entendidas como “barreiras”, separando o interior do exterior, com áreas bem definidas de abertura: as janelas. Este conceito foi sendo desenvolvido e deu lugar, no passado século, ao de fachada cortina. O “Mur neutralisant”, concebido por Le Corbusier em 1929, marcou talvez o início do entendimento das fachadas exteriores como elemento activo. A aplicação deste conceito à chamada “máquina de habitar” de Le Corbusier, foi talvez exagerado pelo próprio Le Corbusier, quando o “Mur neutralisant” foi aplicado no edifício da “Cité de Refuge” em Paris, inaugurado em 1933. Esta fachada encontra-se representada na Figura 3.1.52, com uma fachada cortina orientada a Sul e não praticável, tornando o edifício totalmente hermético e, por essa razão, totalmente dependente dum sistema de climatização mecânico (Boesiger 1971).



**Figura 3.1.52.** Imagem exterior da fachada Sul da “Cité de Refuge” em Paris, de Le Corbusier

A variedade de funções de controlo permitida pelas ferragens e sistemas de caixilharia e oclusão actuais, para regulação térmica e de luminosidade, trouxe alterações aos sistemas estáticos de fachada. A crescente procura de tecnologias de fachada, com uma maior homogeneidade na leitura estética exterior e menor dependência dos utilizadores para o seu desempenho óptimo, irá

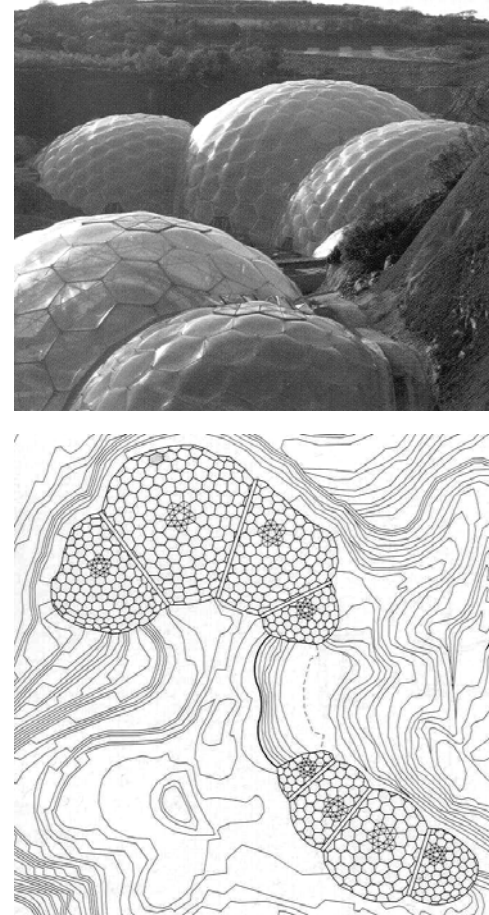
provavelmente conduzir ao desenvolvimento de sistemas de fachada dinâmicos, com capacidade de auto-regulação e adaptação às condições exteriores e solicitações interiores. Já actualmente se assiste ao aparecimento de vidros com algumas destas propriedades, tais como os electrocrómicos, que podem alterar as suas condições de transmissão através de pequenas cargas eléctricas ou os cromotrópicos que podem reduzir a transmissão de radiação solar com uma mudança nas condições da temperatura ambiente.

O desenvolvimento de novos materiais alternativos ao vidro, por exemplo as membranas de ETFE (Eta-tetra-fluoretileno), tornou possível a criação de vãos transparentes de panos múltiplos, com uma excepcional resistência mecânica, aliada a um reduzido peso específico. Nas Estufas "Eden Project", Figura 3.1.53, projectadas por Nicolas Grimshaw, pode ver-se um exemplo de aplicação deste tipo de membrana.

A evolução sobre o conceito de membrana ou pele exterior trouxe, nos últimos vinte anos, novas potencialidades para as fachadas. A necessidade de optimização energética trouxe uma reavaliação do papel da envolvente, começando a ser entendida como um limite dinâmico, onde interagem as energias naturais exteriores e o ambiente interior (Bradshaw 1993). A pele auto-regulável (Davies 2001), onde as várias tarefas desempenhadas são realizadas numa fina membrana de múltiplos panos e funcionalidades é uma das visões que apontam para uma possível direcção dos futuros desenvolvimentos das fachadas. Sistemas controláveis individualmente só poderão ser correctamente ajustados às necessidades dos ocupantes se estes tiverem um claro entendimento das consequências das suas acções no ambiente interior, o que nem sempre se verifica, pelo que é muitas vezes preferível prever sistemas com alguma capacidade de auto-regulação. Um exemplo disto é o facto dum sombreador de lâminas fixas correctamente concebido ser mais eficaz, além de mais económico e simples de executar, que um de lâminas móveis mal utilizado.

Em face do rápido desenvolvimento de novos materiais, bem como das inúmeras opções de utilização destes em sistemas de fachada, as possibilidades são quase ilimitadas. "O enorme potencial das peles dos edifícios pode ser conseguido numa perspectiva estrutural, funcional, estética e ecológica para promover o avanço duma arquitectura orientada para o futuro" (Schittich 2001).

Os materiais utilizados, bem como os tratamentos e revestimentos químicos que hoje se podem realizar sobre as membranas, permitem que a sua durabilidade, resistência mecânica e propriedades ignífugas, sejam aproveitadas na concepção de produtos e soluções eficientes. Podem por isso ser consideradas de aplicações "inteligentes" duma forma passiva quando, por exemplo, se pretendem grandes vãos livres ou uma iluminação interior natural uniforme. Alguns autores levaram ainda mais longe este conceito, quando colocam a hipótese de conferir às peles exteriores um comportamento activo. Frei Otto desenvolveu vários estudos de



**Figura 3.1.53.** Estufas "Eden Project" em St Austel, na Cornualha, Reino Unido, de Nicholas Grimshaw & Partners (Schittich 2001)



Figura 3.1.54. Teia de Aranha (Glaeser 1977)

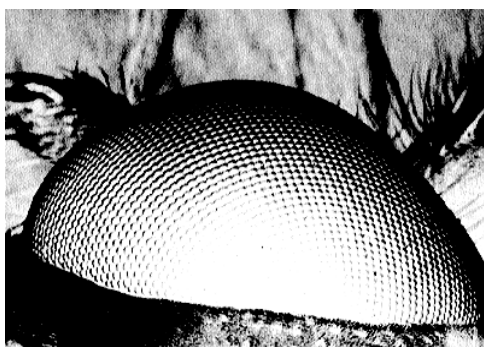


Figura 3.1.55. Olho de aranha visto em microscópio (Glaeser 1977)



Figura 3.1.56. Vista exterior e interior do Instituto do Mundo Árabe em Paris, de Jean Nouvel

arquitectura biónica (Otto 1985), em que a natureza (Figuras 3.1.54 e 3.1.55) lhe serviu de modelo à concepção de estruturas e elementos construtivos. Se acrescentarmos a este conceito o das capacidades adaptativas dos seres vivos, temos aquilo que Jourda e Ferrand evocam como “uma arquitectura em osmose com a sua envolvente, com espaços que respiram em função das condições climáticas ou da luz” (Miravete 1994). A pele exterior dos edifícios pode tornar-se assim o elemento chave no futuro das construções bioclimáticas, com a introdução de tecnologias que possam controlar a relação de ganhos e perdas entre interior e exterior duma forma reactiva, aproximando esta dos mecanismos da pele biológica.

A integração de sistemas reactivos de controle ambiental na envolvente exterior pode permitir o uso destes como elementos de controle térmico. Estes sistemas, no entanto, tendem nalguns casos à complexificação e não à simplificação, pela introdução de sistemas mecânicos, como sucede na fachada do “Instituto do Mundo Árabe” de Jean Nouvel, que se apresenta na Figura 3.1.56. Neste caso, o elevado custo da obra, a existência de complexos mecanismos obturadores movidos eléctricamente e comandados por células fotossensíveis, sujeitos a avarias e a necessitar de manutenção permanente fazem desacreditar esta solução. Torna-se assim difícil justificar esta obra com uma intenção de redução do impacte ambiental.



### 3.2. EVOLUÇÃO DO CONCEITO SOLAR PASSIVO

O conceito de utilizar a orientação solar como forma de obter ganhos solares no Inverno, enquanto se protege de ganhos os mesmos edifícios no Verão, é já bastante antigo. Egípcios, Gregos, Persas e Indianos utilizaram conceitos Solares Passivos, tal como os Índios pré-Colombianos da América do Norte e do Sul. Muita da Arquitectura da antiguidade, seguindo os ensinamentos de Aristóteles, Xenofon e, 600 anos depois, Vitruvio\*, estava direccionada para o uso do Sol e vento para melhorar os extremos climáticos, mas não dispunham do vidro e assim estavam privados de um dos mais valiosos recursos disponíveis para a obtenção de ganhos solares passivos (Paul 1979).

Os aspectos mais relevantes dos edifícios solares passivos, já tinham sido descritos anteriormente por Sócrates. Além de trabalhos teóricos e práticos, os antigos “regulamentos de edifícios” ditavam:

“Se um objecto é posicionado de maneira a retirar o sol de um caminho solar,(...) será uma violação do direito solar” (Código Justino).

Só posteriormente à Idade Média, ainda que durante este período tenha havido algumas evoluções, nomeadamente no aspecto da iluminação natural das Catedrais Góticas, as questões solares passivas voltam a ser comentadas. As lições de edifícios históricos são referidas por Leone Battista Alberti: “A proveitosa prática dos anciãos deverá ser empregue nos edifícios, para que estes deixem entrar o sol de Inverno, e sombrear o de verão” (Alberti 1452).

Na Europa, especificamente na Holanda e Inglaterra, do século XVII em diante, a orientação a Sul de jardins interiores, alpendres, pátios e estufas revelavam um entendimento do desenho com o clima e a sensibilidade para a melhor orientação solar. No início do século XIX, os projectistas de estufas combinavam massa térmica, vidro duplo, orientação, sistemas de sombreamento e isolamento. Os desenhos de estufas de J. C. Loudon, com início em 1820, tinham todos esses elementos evidentes em projecto e exemplos construídos até meados do século. Mais conhecido foi o edifício de Joseph Paxton para o Palácio de Cristal da Grande Exposição de Londres, de 1851, que se pode ver na Figura 3.2.1, demonstrando a possibilidade de realizar grandes áreas de envidraçados cobertos e inaugurando uma era de grandes Pavilhões e Átrios envidraçados urbanos construídos na Europa e nos Estados Unidos (Donald Watson 1998). No Porto viria também a ser construído um Palácio de Cristal em 1860, projecto de F. W. Shields, sendo demolido em 1951.

O conceito de fachada Sul envidraçada, com circulação de ar através do espaço compreendido entre o vidro e a parede, teve origem em 1880 em Salem, Massachussets. E. L. Morse, do Instituto Lowell, patenteou em 1881 o conceito duma parede maciça em côr negra, uma caixa-de-ar, um envidraçado (em forma de pequenas vidraças, já que grandes panos de vidro ainda não se produziam), e aberturas praticáveis através das quais o fluxo de ar

\* Segundo Vitruvio, “para que o projecto das nossas casas seja correcto, temos em primeiro lugar que tirar notas, do país e do clima em que são construídas. Isto deve-se a que, uma parte da terra está directamente sobre o curso do sol, outra parte está longe dele, e outra parte está num ponto intermédio. Um estilo de casas parece apropriado para construir no Egipto, outro em Espanha, outro em Pontus, outro, ainda diferente, em Roma, sendo sempre diferente em outras terras com outras características. Assim, a posição do sol, em adição com a sua trajectória na terra, leva naturalmente a diferentes características, devido à inclinação do círculo do Zodíaco e à trajectória do sol, então é obvio que o projecto dos edifícios tenha de estar em conformidade com a natureza do país, assim como com a diversidade de climas. No Norte as casas deveriam ser totalmente cobertas, protegidas o máximo possível e sem aberturas, mesmo sabendo que têm uma exposição quente. Por outro lado, para países a sul onde a radiação do sol é forte, as habitações sofrem de muito calor, o que leva a construções com aberturas e com exposição Norte/Nordeste. Assim conseguimos, com a nossa arte, emendar o que a natureza estragaria. Noutras situações é necessário fazer algumas correcções devidas à posição do céu e os seus efeitos no clima” (Vitruvio n.d.).

A declaração acima mencionada é seguida de regras detalhadas para a orientação e exposição, baseadas na experiência da arquitectura vernacular antes de Cristo. Vitruvio dedicava o capítulo VII do Livro VI à orientação solar dos edifícios, chamando-o “Das partes do céu a que devem olhar os edifícios para o seu bom uso”, fazendo aqui referência por exemplo à orientação preferencial dos banhos a Poente, por necessitarem do calor ao fim da tarde, dos quartos e bibliotecas a Nascente, e das galerias de quadros, oficinas de tapeçaria e ateliers de pintura a Norte (Vitruvio n.d.).



**Figura 3.2.1.** O Palácio de Cristal de John Paxton na Grande Exposição de Londres de 1851 (Victoria Station 2002)

pudesse ser regulado (Paul 1979). Este conceito foi posteriormente desenvolvido por Felix Trombe em Odeillo (Sul de França) dando origem à chamada “Parede de Trombe”.

Em 1912, William Atkinson, um investigador, autor e arquitecto que viveu e trabalhou em Boston, Massachusetts, publicou um livro intitulado “The orientation of Buildings”. Ele referia a necessidade de reconhecer a orientação e a radiação solar por razões de salubridade desde a sua primeira publicação “Suggestions for Hospital Architecture” (John Wiley 1894). Em 1904 os seus esforços conduziram à legislação Norte-Americana chamada “Sun rights”, que limitava a altura dos edifícios para evitar o sombreamento. Em 1911 ele construiu uma “Casa Solar” experimental, aquilo que se chamaria agora uma Célula de Teste de desempenho térmico (Donald Watson 1998).

Uma vez que o vidro ou outros materiais transparentes e translúcidos são elementos essenciais para a aplicação com sucesso da maior parte dos sistemas de aquecimento solar passivo, deu-se um grande impulso no interesse sobre estas tecnologias, nos finais dos anos 30, princípios dos 40 do século XX, nos EUA, quando janelas herméticas de grande dimensão e capacidade de isolamento se tornaram disponíveis a um preço razoável. As tecnologias solares passivas começaram a ser introduzidas em arquitectura residencial pouco antes da 2ª Guerra Mundial. Entre os pioneiros estavam os irmãos Keck de Chicago, responsáveis pelo “Solar Park” em Glenview, Illinois e pelo projecto duma casa solar em Rockford que utilizava os componentes pré-fabricados das casas “Green’s Ready Built”, vendidas no início dos anos 40. Estas dispunham de grandes áreas envidraçadas orientadas a Sul, para conseguir ganhos solares no Inverno, com palas sombreadoras para proteger das radiações de Verão. As coberturas planas eram adaptadas para ser cobertas no Verão com água para minimizar os ganhos solares, mas a capacidade de absorver o calor do interior da habitação pela água, durante a noite, não era aparentemente contemplada (Paul 1979).

Apesar destas construções, algum cepticismo sobre o aquecimento solar passivo, que as janelas orientadas a Sul podiam fornecer, permanecia. Assim, em 1945, F. W. Hutchinson, um Professor da Universidade de Purdue, construiu duas casas, lado a lado, em Lafayette, Illinois. As plantas eram idênticas e uma tinha janelas de dimensão usual (12% da área de pavimento), enquanto a outra tinha janelas de maior dimensão (22% da área de pavimento). Durante um período de teste de Dezembro a Janeiro, utilizando janelas de vidro duplo e não sendo utilizado nenhum sistema de aquecimento artificial, a casa solar manteve-se sempre a temperaturas acima da casa convencional, enquanto o Sol estava descoberto. Durante um longo período em que o Sol se encontrou encoberto, a casa solar ficou significativamente mais fria. Nenhum tipo de sombreadores, cortinas ou isolamento móvel foi utilizado, nem houve nenhum esforço para introduzir massa térmica suplementar em nenhuma das casas. Hutchinson concluiu que o ganho solar passivo tinha mérito, mas com a energia a um custo baixo, como estava então, a redução em custo energético

anual não era suficiente para amortizar em tempo de vida útil o custo com o sistema de aquecimento mecânico necessário para aquecer a casa nos períodos de Sol encoberto.

Em 1947, com o patrocínio da Libbey-Owens-Ford Glass Co., foi editado um livro chamado "Your Solar House". Quarenta e oito arquitectos da época realizaram projectos para casas com tecnologias de ganho solar passivo directo, uma para cada Estado dos EUA. Como seria de esperar, muitos dos projectos incluíam vidros duplos, mas poucos reconheciam a importância da massa térmica como reguladora das flutuações térmicas. O sobreaquecimento, mesmo em dias frios, seria inevitável em muitos dos conceitos propostos.

Neste mesmo ano Le Corbusier escrevia: "É missão da arquitectura moderna a preocupação com o Sol" (Le Corbusier 1947).

Após a II Guerra Mundial, os sistemas de aquecimento solar passivo conheceram um crescente interesse em diversas partes dos Estados Unidos e na Europa. Muito do trabalho foi direccionado para os sistemas activos, como aqueles construídos e testados no MIT (Massachusetts Institute of Technology). Havia pouco interesse nos sistemas passivos, mas o trabalho sobre envidraçados levado a cabo no laboratório ASHRAE em Cleveland, abriu caminho para os actuais procedimentos de cálculo de ganhos solares através dos envidraçados (Paul 1979).

Como já se viu, as preocupações bioclimáticas datam já de mais de 2.000 anos e foram-se mantendo, se bem que numa forma empírica nas construções vernaculares. Só há poucos anos a sensibilidade para estas questões se começou a perder, pelo aparecimento de sistemas mecânicos de controlo ambiental, assim como de vários tipos de vidros e materiais de construção avançados. O que poderia ajudar à melhoria do conforto veio, pelo contrário, permitir demasiada liberdade aos projectistas, tornando os edifícios altamente dependentes de fontes de energia não renováveis, assim como, nos aspectos globais, demasiado independentes do local onde se constroem. Este facto explica o porquê de em séculos anteriores, os Arquitectos e mesmo os leigos estarem mais preocupados com as questões hoje em dia designadas como, "arquitectura bioclimática", ou "arquitectura solar passiva" do que actualmente, aplicando-a como uma necessidade funcional básica.

A aproximação com base científica do projecto sensível ao clima foi fortalecida por Victor e Aladar Olgyay. Estes irmãos arquitectos, de origem húngara, publicaram em Princeton no ano de 1963 a primeira edição do livro "Design with climate", muito antes da primeira crise de petróleo (Olgyay 1998). A crise de petróleo nos anos 70 impôs que alguns projectistas e promotores reconsiderassem as suas opiniões levando-os a colocar a seguinte questão: continuam a construir-se edifícios que possuem grandes consumos energéticos ou volta-se à primitiva abordagem de construção com o clima?

Os aspectos de adequação ao clima deverão influenciar o projecto de arquitectura não apenas no seu estilo ou em pequenas modificações, mas sim na sua essência. Estes aspectos estão relacionados, tanto com a lógica, como com a sensibilidade. Desenvolver projectos sensíveis ao clima não significa que se rejeite os equipamentos mecânicos, recuando um século na evolução tecnológica. É antes uma questão de integrar estes a um nível o mais optimizado possível.

Para ser possível esta integração de forma e função, também se requer aos arquitectos a empatia e o conhecimento de projectar com o clima\*. Considerando que "(...) Sol, luz e calor são matérias para uma nova arquitectura, estas deverão ser tratadas com o mesmo cuidado que o aço ou o betão" (M. Papadopoulos). Os especialistas de térmica, têm de contribuir para as decisões na programação das várias fases do projecto, tais como a minimização das necessidades energéticas e a maximização do uso de energias renováveis.

O atributo "solar" na arquitectura sugere que a energia solar possui um papel dominante na resposta às necessidades energéticas do edifício projectado, incluindo o aquecimento do espaço e das águas, e até a electricidade e arrefecimento. Torna-se ambíguo se estão incluídos "Sistemas Solares Activos" ou apenas "Sistemas Solares Passivos".

A expressão "projecto ambientalmente consciencioso", expressa numa forma mais consensual que o projecto está embebido em preocupações energéticas desde uma primeira fase do trabalho criativo do arquitecto. Esta matéria é relevante para todos os edifícios e locais, quer a necessidade predominante seja o aquecimento, o arrefecimento, a iluminação ou a redução da energia incorporada.

A expressão "sensível ao clima" realça a importância das condições regionais, enquanto que o termo "bioclimático" está relacionado com o conforto e a qualidade do ambiente. Certamente que, qualquer que seja o termo usado e independentemente deste\*\*, estas matérias são inter-relacionadas, com uma abordagem conscienciosa do aproveitamento das energias naturais.

Em relação ao atributo "baixo consumo energético" a primeira questão é saber como se pode definir "baixo", em relação aos diferentes valores específicos, dependentes do clima. Na Alemanha o critério proposto é de 50kWh/m<sup>2</sup> de área de pavimento. Para "facilitar" os problemas de semântica eles chamam a esta categoria de edifícios, de passivos.

Parece estar subentendido que um edifício solar passivo tem baixo consumo energético. Porém, um edifício de baixo consumo energético, não significa, automaticamente, que é solar passivo. Por um lado, baixo consumo energético pode ser resultado de medidas diferentes das "solares", por outro lado, solar passivo é

\* "O arquitecto, pelo menos no que diz respeito a edifícios, é o responsável da equipa de projecto, logo de início. Ele é o generalista, que tem de coordenar todos os especialistas envolvidos. Contudo, à medida que aumenta a complexidade dos edifícios, mais esbatido fica este papel, levando a exigências confusas e contraditórias, surgindo assim lutas pelo domínio do produto acabado. Qual é o resultado final? O edifício é uma máquina dominada por serviços (visíveis ou invisíveis, na sua pequena importância), os quais existem, em grande parte, para corrigir erros prévios no projecto! O que nós temos são altas doses de medicina curativa, em detrimento de lógicos e saudáveis programas de prevenção. Mas, para ser possível prevenir erros, temos em primeiro lugar de definir claramente objectivos praticáveis que se enquadrem numa filosofia geral e num sistema independente, o que implica ter as premissas correctamente definidas desde o início. Mas, para ser possível ao arquitecto levar a cabo o seu papel de coordenador e de criativo, ele tem em primeiro lugar de, pelo menos, entender a linguagem básica dos outros membros da equipa, além de ser necessário manter uma mente aberta" A. Tombazis citado por J.K Paul (Paul 1979).

\*\* "O que se tenta expressar quando classificamos palavras de arquitectura, ou projecto com epítetos tais como: energia solar ou passiva, projectar com o clima, construção bioclimática, amiga do ambiente, verde, ecológico, regionalismo sustentado, apropriado, inteligente, ou interactivo? Será que todos estes termos significam o mesmo, ou escolhe-se consoante a ocasião? Serão alguns melhores, ou com mais significado que outros?" (S. Yannas).

“medido” numa escala psicológica, enquanto que “baixo consumo” é uma medida puramente física (Paul 1979).

Pode referir-se que uma casa solar passiva é “amiga do ambiente” ou “ecológica” em relação a outros valores adicionais: redução do consumo de água, reciclagem dos materiais, tratamento de águas residuais, etc. Certamente que o fornecimento de água, produção e fornecimento de materiais de construção, acarreta consumo de energia, como tal o termo “consumo consciencioso de energia” pode ser empregue num sentido mais lato.

Para manter o conforto dos ocupantes, é necessário assegurar uma temperatura e condições do ar convenientes. Tal significa que no interior do edifício – pelo menos em determinados períodos do ano e do dia – devem ser mantidas condições diferentes do ambiente exterior. Isto é possível quer através do uso de uma “fonte” energética artificial, quer por uma concepção arquitectónica que permita regular os fluxos de calor entre o interior e o exterior.

O aumento das preocupações ambientais no projecto arquitectónico deverá permitir a diminuição da necessidade do uso de fontes de energia “poluentes”. Este facto é de grande importância pois, como já foi referido no Capítulo II, uma grande parte dos consumos energéticos são para manter o conforto nos edifícios residenciais. Este consumo varia consoante as estações do ano, devido às variações climáticas. A sua importância do ponto de vista económico e político, é potenciada pelo efeito destrutivo que causam no ambiente. Ao contrário de outras áreas, onde a tecnologia pode ser alterada passados 10-15 anos (como no caso dos automóveis, onde o tempo de vida útil é muito mais curto), ou na indústria, onde uma fonte poluidora pode ser controlada (por exemplo aplicando filtros, em acções pontuais), as situações de má concepção nos edifícios são muito mais difíceis de corrigir à posteriori, por diversas razões, tais como:

- não existem possibilidades técnicas nem económicas para instalar filtros eficientes numa acção concertada para vários milhões de casas, com consumidores muito dispersos;
- o tempo de vida útil de um edifício é de cerca de 100 anos, pelo que as mudanças de fundo na concepção dos edifícios são muito lentas e implicam períodos de adaptação. Isto significa que as decisões de poucos arquitectos, urbanistas e políticos podem influenciar a economia e ecologia de um país, até mais de um século.

Em Portugal, muitas vezes entre os próprios arquitectos, existe a ideia de que o problema da conservação de energia não é arquitectónico, mas sim técnico, do âmbito da engenharia. No entanto as condições de conforto de um edifício não podem apenas depender de cuidados paleativos, “aplicando” nos edifícios tecnologias solares passivas ou recorrendo a eficientes sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC). O edifício, com a sua arquitectura e com os seus sistemas passivos e activos tem de ser visto como um sistema energético orgânico. Não pode haver uma construção sustentável sem uma coordenação entre os aspectos criativos e técnicos.

### 3.3. EVOLUÇÃO DO PESO PRÓPRIO DAS CONSTRUÇÕES

A estratégia de redução do peso das construções passa pela utilização nos paramentos e coberturas de materiais leves, nomeadamente membranas, painéis simples e multicamadas, opacos, transparentes e translúcidas, utilizados enquanto materiais de cerramento do invólucro exterior e nas potencialidades que possuem em termos de economia de construção, menor impacto ambiental. É por isso que se considera importante caracterizar a utilização dos sistemas leves ao longo da evolução histórica da construção, nomeadamente em habitação, o que se faz na próxima secção.

#### 3.3.1. Evolução histórica das construções leves

Desde as mais remotas eras da pré-história que o homem procurou refúgios para se proteger: contra os rigores do clima e das intempéries, do medo da noite e dos ataques de animais ferozes e, porventura, de outros grupos humanos.



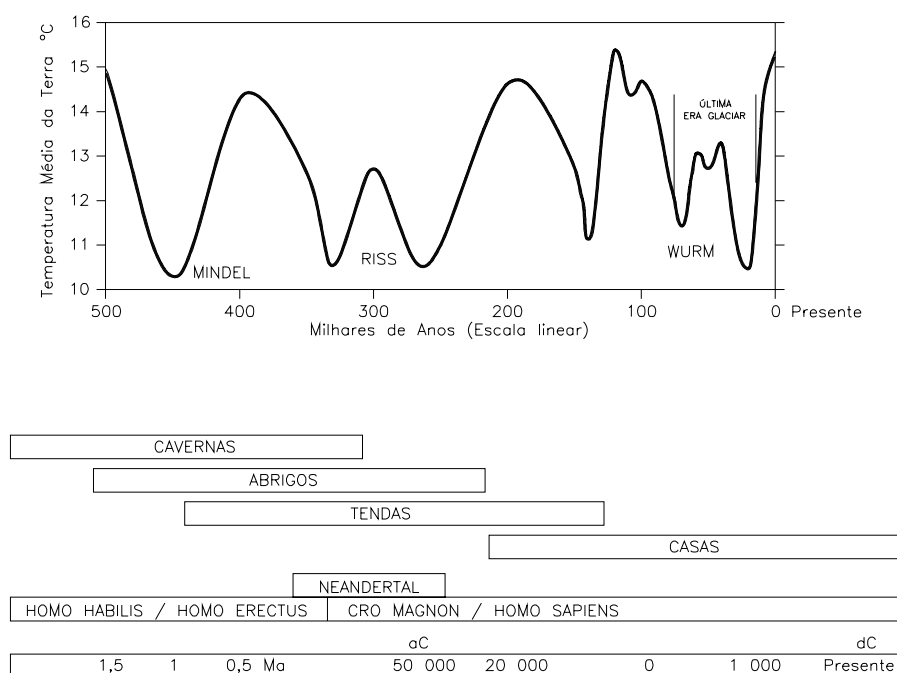
**Figura 3.3.1.** Abrigo pré-histórico reconstruído encontrado no interior de gruta em Lazaret (Stone Age Habitats 2002)

Os primeiros abrigos que o Homem utilizou eram grutas naturais que posteriormente foram sendo “ampliadas” e adaptadas artificialmente no sentido de aumentar o seu espaço útil ou limitar o acesso, tornando-as mais habitáveis. As primeiras construções leves surgiram precisamente como intervenções no interior dessas grutas, no sentido de incrementar as suas condições de habitabilidade. Na Figura 3.3.1 pode ver-se a reconstituição gráfica duma construção pré-histórica com ramos de madeira e peles, encontrada no interior de uma gruta, em Lazaret, França.

“A tenda é o abrigo mais antigo, só com excepção da caverna” (Shaeffer 1996), sendo a primeira construção humana com função de habitação. Os poucos vestígios que estas construções ligeiras deixaram, devido ao carácter efémero dos materiais com que foram realizadas e à reduzida dimensão, tem sido uma razão para serem menosprezadas pelos historiadores da arquitectura; já que a maioria dos estudos incide sobre as construções de carácter mais monumental, realizadas em materiais duráveis como a pedra, o tijolo ou a terra compactada (Kronenburg 1995). Só recentemente, os arqueólogos, equipados com técnicas mais evoluídas de pesquisa e recolha de dados, conseguiram descobrir e identificar vestígios das primeiras habitações, realizados com materiais efémeros.

O que mais impulsionou o homem a criar abrigos totalmente artificiais foram provavelmente as alterações climáticas que se sucederam ao período glacial iniciado há cerca de um milhão e quinhentos mil anos atrás. Ao estabelecerem um novo contexto ambiental, que exigia ao Homem mais capacidades de adaptabilidade, estes fenómenos impulsionaram o desenvolvimento da inteligência humana. A adequação a condições mais difíceis conduziu ao apurar do fabrico de ferramentas, vestuário e abrigos, levando o Homo Habilis a

organizar a sua vida de forma a poder procurar os recursos alimentares que cada vez mais escasseavam e a realizar migrações desde África, onde foram encontrados os primeiros vestígios humanos, até à Europa e à Ásia (Kronenburg 1995). Na Figura 3.3.2 pode ver-se a evolução das habitações desde os primeiros abrigos até às actuais casas. Esta classificação talvez se enquadre melhor em termos de habitação permanente, predominante nos países desenvolvidos, já que ainda subsistem exemplos vernaculares de habitações com base em cavernas e em tendas, em culturas nómadas e / ou primitivas.



**Figura 3.3.2.** Temperatura média da terra e Evolução das habitações humanas desde os abrigos naturais até às casas - adaptado de (Stone Age Habitats 2002)

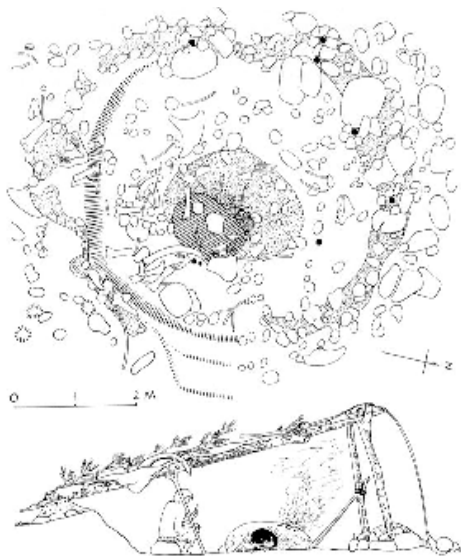
O Homem pré-histórico era fundamentalmente caçador / colectador, vivendo de plantas e frutos selvagens, muito dependente dos animais que a sua habilidade lhe permitia caçar e dos quais não só se alimentava, como também extraía a pele e os ossos, como matéria-prima para vestuário e habitações. O mais antigo vestígio de um povoado data de aproximadamente 2.000.000a.C. - o Olduvai Gorge na África Central. Foi encontrado aqui um pequeno círculo de pedras empilhadas, aparentemente para suportar ramos de árvore. Isto era claramente um produto do Homo Habilis, um precursor do Homo Erectus, que era um utilizador de ferramentas (mais do que um construtor de ferramentas), vivia em povoados e utilizava o fogo já desde há aproximadamente três milhões de anos (Stone Age Habitats 2002).

O sítio de Bilzingsleben na Alemanha, forneceu muita informação sobre os primeiros Europeus. Este local era ocupado por um grupo de caçadores / colectores que ali viveram durante o período de 700.000 a 120.000a.C. Viviam essencialmente de caça grossa, (tendo sido encontrados vestígios de rinocerontes que o atestam), mas também da recolha de frutos silvestres, mel, resina, da pesca de peixes que apanhavam no rio e da caça de pequenos animais

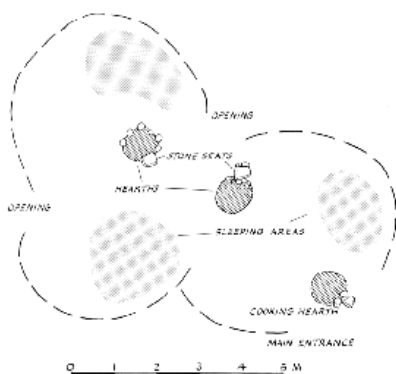
como castores, dos quais aproveitavam a pele para as suas construções, realizadas utilizando ossos dos grandes animais como elementos estruturais (Kronenburg 1995).



**Figura 3.3.3.** Abrigo reconstruído encontrado em Terra Amata, perto de Nice (Stone Age Habitats 2002)



**Figura 3.3.4.** Planta e secção de abrigo encontrado em Dolni Vestonice (Stone Age Habitats 2002)



**Figura 3.3.5.** Planta de um abrigo do Paleolítico superior (Stone Age Habitats 2002)

Na Gruta de Lazaret, perto de Nice em França, foram encontrados vestígios duma tenda datando provavelmente entre 500.000 a 400.000a.C. (Stone Age Habitats 2002). Outro autor refere que esta mesma descoberta tinha 150.000 anos (Kronenburg 1995). Encostados a uma gruta, apareceram conjuntos de pedras que se supõe terem servido de suporte aos mastros que suportavam a cobertura realizada com peles de animais, medindo 11m de comprimento por 3,5m de largura. Uma reconstrução desta tenda é mostrada na Figura 3.3.1. Era subdividida em duas salas, na maior das quais se encontrava uma fogueira. Os habitantes, aparentemente Neandertais, usavam preferentemente pinho, em vez de outras madeiras, ainda que mais abundantes na zona.

Vestígios de um abrigo de madeira foram encontrados em Terra Amata, perto de Nice, em França (Figura 3.3.3), datados de imediatamente após a Glaciação Mindel, entre 450.000 e 380.000a.C. A glaciação Mindel deu-se aproximadamente entre 470.000 e 440.000a.C. (Varagnac et al 1963). O abrigo tinha 8m de comprimento por 4m de largura. Lascas e outras ferramentas de pedra talhada foram encontrados nas imediações. Os seus habitantes, aparentemente Neandertais, eram caçadores e no local existiam vestígios de ossadas de diversos tipos de animais, incluindo elefantes, rinocerontes, veados, cabras e bois gigantes. O abrigo incluía uma lareira central e era construído empilhando ramos a partir de um círculo de pedras. Círculos de pedras similares a este encontram-se em vestígios de todo o paleolítico.

"O Homo Sapiens surgiu há aproximadamente 100.000 anos e há 30.000 anos distribuía-se já por todas as regiões habitáveis do planeta" (Kronenburg 1995). Vestígios do Paleolítico Superior (de 33.000 a 10.000a.C.) mostram um grande aumento no número, complexidade e tamanho dos povoados, ainda com carácter nómada. Na Figura 3.3.4 é representado em planta e secção um abrigo do Paleolítico Superior, em Dolni Vestonice, na antiga Checoslováquia. Esta estrutura era inicialmente escavada numa ladeira e a estrutura de cobertura de madeira era feita por troncos suportados em postes. Data de aproximadamente 23.000a.C.. As paredes junto ao solo eram feitas de pedras unidas com argila.

No Sul do Chile, nas margens do Rio Chinchihuapi, foram descobertos os vestígios dum povoado com 13.000 anos, conservado na turfa e composto por edificações ligeiras construídas com traves de madeira, de planta rectangular, com 4,5 por 3m. A estrutura de apoio servia de suporte a peles de Mastodonte, o que se concluiu por haverem sido encontrados vestígios destas ainda presas às traves. Uma outra edificação, de maiores dimensões, que no interior apresentava vestígios de plantas e ervas, indicava tratar-se duma comunidade organizada, com um espaço comum de armazenagem (Kronenburg 1995). Na Figura 3.3.5 é mostrado o esquema de organização em planta de um abrigo do Paleolítico Superior, uma forma muitas vezes repetida nas



suas características gerais. Um abrigo encontrado em Pushkari, Ucrânia, representado na Figura 3.3.6 era também dividido em três secções e feito com peles de animais. O interior era cavado e a estrutura era construída com ossos de mamute.

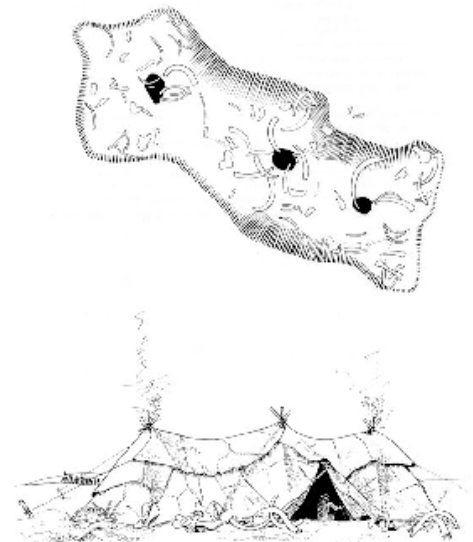
Em Pincevent, França, foi encontrado um outro povoado, datando de aproximadamente 8.000a.C., cujas habitações eram tendas de planta rectangular, com cerca de 4,5 por 3m (Figura 3.3.7) (medida curiosamente igual à do povoado do Chile), construídas em madeira e peles de animais e sendo ocupadas sazonalmente no período compreendido entre o meio do Verão e o meio do Inverno pois, como caçadores, seguiam as migrações das suas presas.

O fim da última era Glaciar, a de Würm (Varagnac 1963), trouxe gradualmente a possibilidade de sedentarização, pela possibilidade de desenvolvimento de meios próprios de produção de alimentos, levando à transformação para uma economia agrária. A agricultura exigia mão de obra intensiva e uma organização societária, só se tornando possível tratar das colheitas e criar animais em fixações sedentárias.

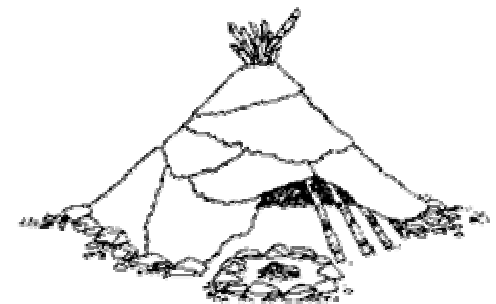
Nesta altura começaram a surgir os dólmenes, que consistiam em pedras horizontais de grandes dimensões suportadas por pedras posicionadas verticalmente. Este tipo de estruturas surgiu um pouco por toda a Europa e também em Portugal. A Figura 3.3.8 apresenta um Dólmen existente em Sarlat, perto de Beaumont, em Perigord, França, com cerca de 7.000 anos. Nesta época, no território da antiga Jugoslávia, começaram a surgir as ferramentas de cobre, marcando o fim da idade da pedra.

Foi no entanto o Médio Oriente a primeira região a revelar sinais duma economia agrária mais desenvolvida, marcando o início do Neolítico. Na Mesopotâmia, descobriram-se vestígios das primeiras fixações permanentes, nas montanhas dos actuais Irão, Iraque, Israel, Jordânia e Síria, datando de 6.000 a 5.000a.C. As aldeias de Zawi Chemi, no Iraque; Ras Shamra, na Síria; ou Jericó, na Jordânia, eram já nesta época compostas de construções de carácter permanente, em argila ou pedra. Isto significou um corte radical com as construções efémeras leves? Não, porque continuariam a subsistir muitos grupos e actividades nómadas depois do Neolítico, muitas vezes por se situarem em regiões de clima e topografia adversos, que se mantiveram numa economia de colectores / caçadores ou mista. Terão sido essencialmente estes povos nómadas que trouxeram, por herança cultural, algumas das construções leves tradicionais que hoje subsistem, como as Tendas negras em África ou os Yurts na Ásia.

A utilização de sistemas construtivos leves, essencialmente em coberturas, manteve-se mesmo nas sociedades sedentárias, em sistemas mistos associados a paredes pesadas. As primeiras habitações pesadas, no caso da Mesopotâmia, tinham já um sistema misto: enquanto as paredes eram pesadas, em terra, para o suporte da cobertura utilizavam-se troncos de madeira sobre o



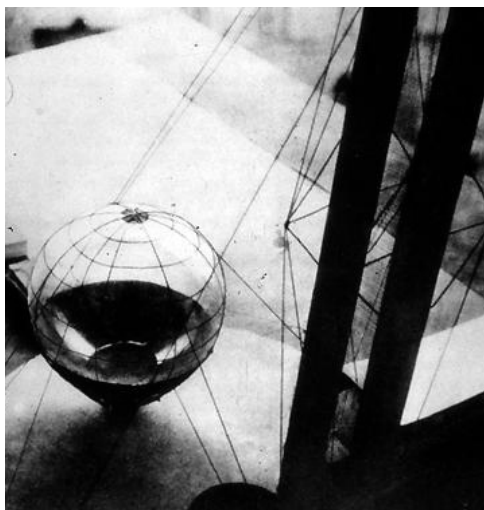
**Figura 3.3.6.** Abrigo do Paleolítico Superior encontrado em Pushkari, Ucrânia (Stone Age Habitats 2002)



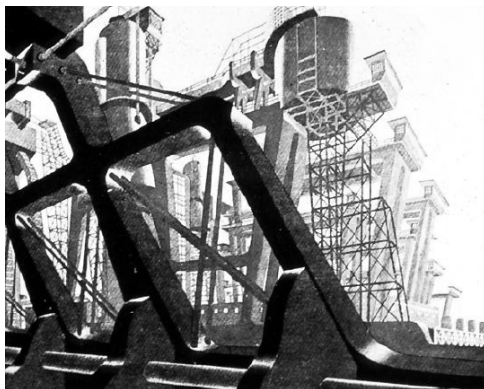
**Figura 3.3.7.** Abrigo do Paleolítico Superior em Pincevent, França (Kronenburg 1995)



**Figura 3.3.8.** Dólmen em Sarlat, França, com 7.000 anos (Stone Age Habitats 2002)



**Figura 3.3.9.** Projecto para o Instituto Lenine de Ivan Leonidov (University of Edinburgh 2002)



**Figura 3.3.10.** Fantasia Arquitectónica de Jacob Tchernikov (University of Edinburgh 2002)



**Figura 3.3.11.** Apartamentos Narkomfin de M. Ginsburg e I. Milnius (University of Edinburgh 2002)

qual se colocavam ramos que posteriormente se cobriam com terra.

No período Romano, as habitações eram construídas com sistemas mistos, nomeadamente em Roma e Óstia. Estas cidades dispunham de habitações multifamiliares de vários pisos, onde as coberturas e pavimentos eram de madeira e as paredes de tijolo, tendo sido este tipo de sistemas construtivos que constituíram a referência principal da construção nos países da Europa, pelo menos até à Revolução Industrial. Os Romanos tinham também o "Pipilio" ou "Tenda de borboleta", pequenas coberturas têxteis especialmente criadas com vista à utilização militar. Pelas características modulares, permitiam a rápida montagem de acampamentos. A tradição de utilização militar de construções leves deste tipo iria manter-se até aos nossos dias.

Nos finais do séc XIX, estruturas construídas com técnicas de engenharia avançada - pontes de grande vão como a Ponte de D. Maria II no Porto, mercados, pavilhões para exposições, fábricas, grandes estações ferroviárias, ou a Torre Eiffel, tornaram-se nos ex-libris e modelos duma época, com o ferro e o vidro como materiais modernos por excelência. Já nos anos 20, os arquitectos construtivistas propunham arrojadas estruturas, como o projecto de Ivan Leonidov para o Instituto Lenine de 1927 (Figura 3.3.9) ou a Fantasia Arquitectónica de Jacob Tchernikov de 1926/27 (Figura 3.3.10), mas a indústria da construção, numa União Soviética ainda fundamentalmente agrária, não foi capaz de concretizá-las (Robbin 1996). Leonardo Benevolo refere, a propósito do movimento construtivista, "(...) a investigação arquitectónica moderna torna-se muito evoluída e coloca-se mesmo num estado muito mais avançado que em qualquer outro país. (...) Depois, este riquíssimo património resultará disperso e esquecido; os estudos mais recentes estão a trazê-lo outra vez à luz e demonstram-nos como se desperdiçaram tantas energias intelectuais e humanas" (Benevolo 1985). Se a União Soviética não soube aproveitar suficientemente o seu movimento vanguardista, ele viria a tomar um novo rumo, por influência de El Lissitzki, Van Doesburg e Mies van der Rohe. Na Alemanha através da Bauhaus e na Holanda através do De Stijl, algumas das concepções de arte dos modernistas Russos acabaram por se internacionalizar. Ainda assim construíram-se na antiga União Soviética alguns pequenos edifícios construtivistas, menos arrojados que os projectos mais utópicos e idealistas, nomeadamente os Apartamentos Narkomfin de M. Ginsburg e I. Milnius de 1928 (Figura 3.3.11).

Um princípio fundamental do movimento moderno na arquitectura é que a estrutura, o material e a técnica determinam a forma. Sendo assim, os novos materiais e sistemas estruturais foram dando forma à arquitectura do seu tempo. Quando a arquitectura moderna se tornou no modo de projectar dominante nos anos do pós-guerra, a realidade dos resultados, na maioria dos casos, diferia largamente das expectativas criadas, nomeadamente pela Carta de Atenas (Le Corbusier 1943). O aparentemente louvável conceito de acessibilidade, funcionalidade e eficácia, terá por demasiadas vezes gerado edifícios e parcelas de cidade

demasiado esquemáticos e evidentes (Robbin 1996), numa atitude que se tem arrastado até hoje. No entanto o Modernismo trouxe igualmente aspectos positivos, como o princípio de colocar a tecnologia na concepção da arquitectura. Ainda que alguns espíritos mais conservadores possam pensar o contrário, vários autores afirmaram que este princípio não é limitador, mas antes pelo contrário, pode trazer novas potencialidades, enriquecendo as escolhas.

A reacção crítica ao movimento moderno, enquanto estilo e não como conceito, quando finalmente surgiu, falhou em muitos casos no seu ponto essencial, levando alguns arquitectos a adoptarem um mimetismo de certas formas históricas, dum modo talvez demasiado "fácil" e levando alguns autores a falarem de uma nova corrente, o "Pós-modernismo" (Jenks 1988). O modernismo, se o entendermos como um conceito que evolui constantemente, é talvez potencialmente mais rico do que a classificação de "Pós-modernismo" na visão de conotação formalista que a palavra adquiriu, já que o modernismo, enquanto conceito, não se esgota em si mesmo, aprende dos erros e das virtudes, utilizando-os com um sentido auto-crítico. Como afirma Dieter Cop, citado por Portoghesi: "A arte moderna ensinou-nos a abandonar a tradição, logo ensina-nos a romper com a tradição da arte moderna" (Portoghesi 1981). Um renovado entusiasmo, após a 2ª Guerra Mundial, para um modernismo conceptual assente na pesquisa científica, dá lugar a várias áreas de investigação, como por exemplo a biónica, que associa modelos matemáticos às estruturas naturais, esteve no centro das preocupações de técnicos pioneiros como Frei Otto (Figuras 3.1.54 e 3.1.55) (Doriez e Blin 1990). Alguns trabalhos recentes com estruturas orgânicas, foram influenciados pelas investigações e obras deste autor. São exemplos disto os projectos de Peter Rice, Horst Berger, David Geiger, Toyo Ito, Shigeru Ban, entre outros, que têm implementado a optimização dos sistemas construtivos segundo modelos da própria natureza.

A necessidade prática de criar estruturas leves e resistentes não é restrita apenas à arquitectura. A pesquisa de materiais e tecnologias inovadoras, ligadas à construção de novos meios de transporte: marítimos, aéreos e, mais recentemente, espaciais, ou o desenvolvimento dos que já existem, tem sido essencial na evolução da construção (Kronenburg 1995). Um princípio estrutural que possa ser utilizado em várias situações diferentes pode ser de grande importância. No entanto, este fenómeno já não é uma conquista recente, pois a transposição das tecnologias já se fazia há muitos séculos, se bem que duma forma empírica. O princípio estrutural das primeiras construções, utilizando peles e ossos, encontra-se por exemplo nas canoas dos Nativos Americanos, onde costelas de animais de grande porte atadas entre si por cordas, suportam uma membrana de pele (Adney & Chapelle 1964).

Até há cerca de vinte anos atrás, as construções leves eram apenas características de alguns países, nomeadamente países frios e zonas montanhosas, ou países tropicais, onde a construção

era tradicionalmente realizada com base em materiais leves, como a madeira. Hoje, as construções leves e mistas, com utilização de membranas, painéis simples ou sandwich surgem um pouco por todo o mundo, não apenas em construções de carácter efémero e de pequena dimensão, mas também em construções de grande representatividade. Um exemplo de construção ligeira de grande dimensão e representatividade leve é o Millennium Dome de Londres, projectado por Richard Rogers.

Abrigar é a mais antiga função para a qual se concebem construções ligeiras. Actualmente, a utilização de construções ligeiras para habitação de carácter permanente em países de clima temperado, encontra-se bastante limitada a certos casos específicos e a poucas áreas geográficas. No entanto, em construções de carácter efémero, tais como habitações temporárias ou móveis, tem-se verificado uma grande utilização destas. As tendas de campismo e de campanha militar, são os exemplos mais vulgarizados e muitas vezes responsáveis por uma imagem um pouco negativa que as construções leves acarretam, nomeadamente para habitação. No sentido de conseguir dar resposta em tempo útil a certas situações de carácter humanitário, não existe contudo outra hipótese do que a rápida montagem de construções deste tipo, nomeadamente tendas para abrigo de populações vítimas de guerra ou no seguimento de calamidades e catástrofes naturais. É aqui que os sistemas ligeiros continuam a representar soluções eficazes, nomeadamente por serem construções económicas, anti-sísmicas e de rápida montagem (Mendonça 1997).



**Figura 3.3.12.** Alojamento para as vítimas do sismo de Kobe (Detail 1996)

Para realojamento da população duma cidade atingida em 1995 por um violento terramoto, Kobe, foi concebido pelo arquitecto Shigeru Ban, um sistema de habitações leves que se mostram na Figura 3.3.12. Com carácter provisório, as habitações são realizadas utilizando materiais simples, económicos e de fácil montagem, alguns reciclados, como tubos de cartão nas paredes e grades de plástico para garrafas nas fundações elevadas e a cobertura em tela de Poliéster/PVC.

### 3.3.2. A redução do peso próprio e a tecnologia disponível.

A redução do peso próprio dos edifícios é um dos factores que permitem reduzir os impactes ambientais da construção, no entanto esta redução encontra-se limitada por diversas razões. As exigências funcionais, como o isolamento sonoro, a segurança, e mesmo as questões culturais, limitam a redução do peso próprio das construções de habitação, ainda que o avanço de tecnologia o permita.

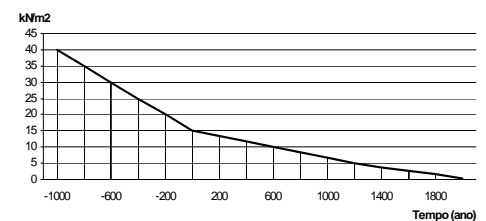
Duma forma muito genérica pode afirmar-se que o peso próprio, por metro quadrado de área coberta, que os sistemas construtivos tecnologicamente mais evoluídos em termos de eficiência estrutural permitem, tem vindo a diminuir ao longo da história da arquitectura. “As construções dos Assírios, com um peso próprio de  $40\text{kN/m}^2$ , sucedem-se as dos Romanos, com  $15\text{kN/m}^2$ . No final da

Idade Média, conseguiu-se chegar até aos  $5\text{kN/m}^2$  nas catedrais Góticas<sup>1</sup>, ao que se seguiu algum retrocesso durante a Renascença. Foi especialmente após a revolução industrial (numa proporção muito maior do que até então), que se conseguiram estruturas substancialmente mais eficazes, com as construções de ferro fundido. Nas estruturas metálicas do final do século XIX conseguiu-se chegar a  $1\text{kN/m}^2$ , mas só as construções de membrana suspensas e pneumáticas baixaram ainda mais este valor, chegando hoje em dia inclusivamente aos  $0,1\text{kN/m}^2$  (Ossola 1996).

Esta visão de redução do peso próprio das coberturas ao longo da história pode ser entendida como demasiado simplista, já que em todas as épocas se assistiu à presença de coberturas e de soluções construtivas de carácter mais ligeiro que os valores característicos apontados por cada época neste estudo. Esta apreciação pode fazer-se apenas em relação às coberturas de grande vão e remetendo-nos apenas ao século passado e finais do século XIX. Normalmente esta redução limita-se a construções onde o isolamento sonoro ou a segurança de intrusão não são factores preponderantes, como no caso de edifícios destinados a eventos esporádicos, tais como exposições. Em habitações a tendência tem sido, pelo contrário, o incremento do peso por metro quadrado de área coberta.

A construção de coberturas que chegam aos valores de peso próprio hoje possíveis de alcançar, de  $1\text{kN/m}^2$ , deve-se não apenas a uma evolução tecnológica dos materiais e métodos de cálculo e construção que o permite, mas também a uma necessidade crescente de economizar meios e recursos, não só na matéria com que se constrói, mas também na maneira de construir, mais especializada, mais rápida e precisa, logo com um menor custo de mão-de-obra.

A passagem de materiais e estruturas a trabalhar essencialmente à compressão, para estruturas em que grande parte dos esforços são de tracção, marca a diferença em termos de rendimento estrutural, dado pela relação entre resistência e peso próprio, que tem evoluído num gráfico decrescente, representado na Figura 3.3.13 (Ossola 1996). A tracção pura é seguramente a maneira mais eficaz de se utilizar um elemento estrutural fino, desde que utilizando um material apropriado, como o aço ou o próprio tecido, no caso das coberturas têxteis. Um elemento sujeito a forças de compressão ou flexão, chega ao colapso muito antes do seu limite, devido aos elevados esforços interiores atingidos em algumas zonas, que são muito grandes relativamente às cargas aplicadas (Vandenberg 1996). Os novos materiais têm tido uma evolução em termos de resistência à tracção, tornando mais complexo um aumento proporcional da resistência à compressão dos materiais em construção tradicional. Em terrenos pouco firmes ou em zonas de grande actividade sísmica, uma construção ultraligeira é, pela sua grande elasticidade e pouco peso, uma solução



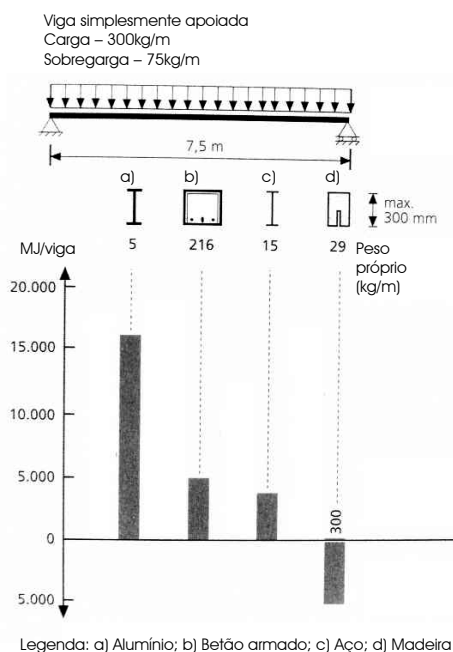
**Figura 3.3.13.** Gráfico de variação do peso próprio das coberturas das construções tecnologicamente avançadas (Ossola 1996)

<sup>1</sup> Ezio Manzini refere em (Manzini) também valores aproximados a estes: "quatro toneladas para os Assírios, uma tonelada e meia para os Romanos e meia tonelada no período Gótico".

ideal, pelo menor risco de abatimento comparativamente a uma solução tradicional. E mesmo que este se dê, mesmo por outras razões que não fenómenos sísmicos, os riscos de ferimentos graves nos ocupantes são muito menores (Robbin 1996).

Tradicionalmente, as membranas enquanto material para realização de paredes e coberturas, estão conotadas como materiais de pouca durabilidade e resistência, o que actualmente já não é verdade. Além de poderem superar os 30 anos de vida útil, apresentam-se hoje como soluções viáveis e inclusivamente dotadas de mais valias, já que podem, em algumas aplicações, ser aproveitadas de maneira muito mais eficaz do que soluções construtivas tradicionais. O reduzido tempo de montagem e pouco volume ocupado pelos materiais utilizados, permitem também a fácil desmontagem e reimplantação no mesmo ou noutro local, para uso efêmero ou permanente, permitindo uma flexibilidade de uso do espaço coberto (Ossola 1996).

O objectivo duma construção estruturalmente eficiente tende a ser o de encontrar o peso próprio dos sistemas construtivos, através duma selecção racional e criteriosa dos materiais e dos sistemas, em função do tipo de esforços e das solicitações a que eles são submetidos (Doriez e Blin 1990). Com o conhecimento das características dos diversos sistemas, a selecção poderá passar por uma análise comparativa entre várias soluções. Tal análise poderá ser feita, não apenas através dos pesos próprios, mas igualmente pela energia incorporada no fabrico dos materiais e pelo custo. Na Figura 3.3.14 apresenta-se um estudo de J. Natterer (citado em (Herzog 1996)) comparando diversos tipos de vigas e a sua energia incorporada. Para este autor, uma viga de madeira apresenta inclusivamente um impacte positivo, em termos de energia incorporada, de cerca de (-)5000MJ por viga de 7,5m.



**Figura 3.3.14.** Gráfico comparativo da energia incorporada de vigas de diversos materiais (Herzog 1996)

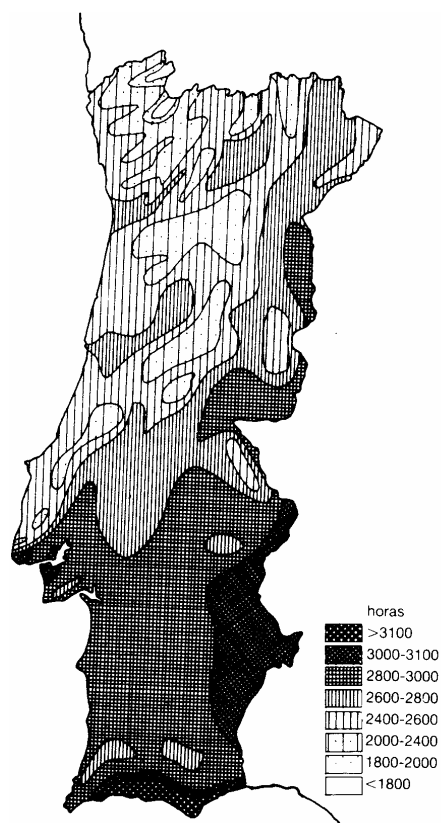
Desenvolve-se igualmente uma tendência que consiste em evidenciar a expressão arquitectónica dos sistemas estruturais. Contribui-se dessa maneira, através de estruturas cada vez mais ligeiras e recortadas, a tornar claro e legível a estabilidade das construções e ao mesmo tempo aumentando a transparência, tendência que já havia surgido no Gótico com as catedrais, ou no século XIX com as construções de ferro e vidro, mas limitadas aos materiais e tecnologias disponíveis nessa época (Doriez e Blin 1990). Por exemplo, comparando uma estrutura de membrana a funcionar à tracção com uma abóbada em tijolo, em que cada elemento é colocado em compressão e onde a estabilidade da estrutura se revela na consistência das peças e da argamassa de ligação, vemos que as principais vantagens das estruturas têxteis suspensas, residem no menor risco de colapso e de quase não dependerem, para a sua estabilidade, da consistência dos materiais, mas da sua resistência à tracção (com excepção dos mastros e traves) (Robbin 1996). "Enquanto os tijolos podem ser baratos na produção, durante a construção tornam-se, pelo seu peso, de aplicação demorada. O facto de serem opacos torna necessária a abertura de vãos, o que enfraquece a estrutura, ou obriga à colocação de iluminação artificial, mesmo para uma ocupação diurna. Possíveis alterações formais ou a deslocação da

estrutura revelam-se operações impossíveis. Pelo contrário, uma tela é prefabricada e pode rapidamente ser erguida ou deslocada, pela sua ligeireza e rápida montagem” (Robbin 1996).

Para muitos projectistas, a elegância conceptual centrada na evolução tecnológica, tornou-se a base duma estética que se baseia na fusão entre a estrutura e a pele; onde a forma, suporte, uso e os sistemas mecânicos se encontram todos integrados. Como frisou Z. S. Makowski “a grave recessão económica dos últimos dez anos, acentuou o interesse em estruturas mais eficientes” (Makowski 1993). A rapidez com que a tecnologia evolui, torna os edifícios rapidamente obsoletos, pelo que se mostra interessante a capacidade de construção de edifícios com um custo inicial baixo, utilizando menos mão-de-obra, mas mais qualificada e com flexibilidade de utilização. Há ainda uma maior expectativa em torno dos materiais “inteligentes” para substituir os tradicionais materiais de “força bruta” (Robbin 1996). Aparecem então com um novo impulso os materiais flexíveis, auto ajustáveis e até capazes de sofrer variações face a condições meteorológicas diversas. Estes podem ser utilizados sozinhos ou compostos em sistemas híbridos, mais ou menos complexos, e onde cada componente pode responder às solicitações quando necessitado, ou comportar-se neutralmente, se for mais adequado. “Estes novos ossos, peles, cérebros e músculos, podem combinar-se numa engenharia orgânica, para construir edifícios “inteligentes” que têm a capacidade de adaptação dos organismos vivos” (Robbin 1996).

## 3.4.

## EVOLUÇÃO DA HABITAÇÃO EM PORTUGAL



**Figura 3.4.1.** Distribuição da insolação em Portugal Continental (Brito 1994)

A grande diversidade de tipos de casa popular portuguesa obedece a condicionalismos vários; geográficos, económicos, sociais, históricos e culturais. Todos estes condicionalismos se reflectiram na arquitectura tradicional, no entanto, os elementos com maior influência numa possível classificação morfológica da evolução da construção e dos sistemas construtivos, pelo menos no aspecto que este trabalho pretende retratar, são os aspectos climáticos, bem como a disponibilidade de matérias-primas, dois aspectos que se podem incluir numa caracterização geográfica de Portugal.

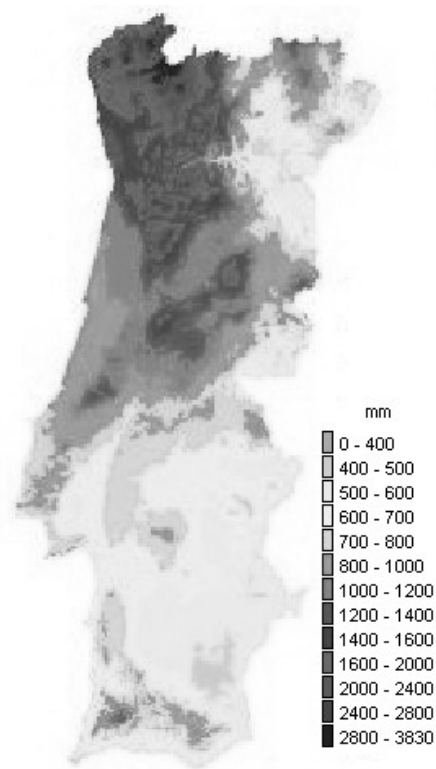
Rocha Peixoto, citado por Veiga de Oliveira e Galhano, afirmou: “A habitação é a expressão final da convergência de motivos interdependentes, a cuja influência naturalmente se adapta – os recursos geográficos, as imposições climáticas e as necessidades e circunstâncias sociais e domésticas” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000).

#### 3.4.1. Caracterização geográfica de Portugal

Começando pelas questões geográficas, normalmente as mais evidentes em termos de classificação geral com vista a entender as tipologias habitacionais, podem estabelecer-se diferentes divisões do território de Portugal Continental. Nas Figuras 3.4.1 a 3.4.5 mostram-se, respectivamente, divisões por zonas climáticas (horas de insolação e níveis de precipitação total), por relevo (carta hipsométrica) e por tipos de rochas existentes no solo (carta litológica e unidades morfo-estruturais).

Segundo a sistematização de Orlando Ribeiro, Portugal divide-se em três grandes áreas geográfico-culturais: Portugal Atlântico – Ibéria húmida, a Noroeste; Portugal transmontano – Ibéria Seca, a Nordeste; Portugal mediterrâneo – Ibéria árida, a Sul do Tejo (Ribeiro et al 1987). Pode considerar-se que o Rio Tejo faz a separação entre as duas regiões Norte, com predomínio de altos relevos, e a região Sul, com predomínio de planícies:

- Região Noroeste: pequenos relevos, aberta sobre o Oceano Atlântico pelos vales amplos dos seus rios, que correm no sentido Nordeste-Sudoeste. Faz-se sentir a influência regularizadora do mar e a acção dos ventos oceânicos, o que lhe confere um clima temperado, com fracas oscilações de temperatura, Verões frescos, céu nublado e chuvas abundantes;
- Região Nordeste: montanhosa e planáltica cortada por vales profundos e rios encaixados. Fica isolada da influência marítima pelos relevos de distribuição longitudinal em relação ao mar. Apresenta as características do clima continental da meseta ibérica, com grandes oscilações de temperatura, Invernos rigorosos com neves e ventos, Verões secos e quentes.



**Figura 3.4.2.** Precipitação total anual entre 1960 e 1990 em Portugal Continental (GASA 2004)



- Região Sul: Na região a Sul do Tejo o clima é mediterrânico, mesmo com influência do Norte de África. Apresenta Invernos temperados e Verões muito quentes e secos, céus limpos e chuvas escassas. Apesar de menos contrastante com o interior, a região litoral a Sul do Tejo apresenta também a influência regularizadora do mar e, ainda que seja sempre o Atlântico, no Algarve este já funciona como um vestíbulo do Mediterrâneo (Ribeiro et al 1987).

Como se pode ver na Figura 3.4.5, sete décimos do território Português pertencem ao maciço antigo, constituindo o extremo ocidental do maciço Hispérico. Este compreende formações que remontam ao Pré-Câmbrico e Paleozóico, predominando as rochas eruptivas e metamórficas: granitos, xistos, mármore e alguns afloramentos quartzíticos. O maciço antigo apenas não contacta com o Oceano Atlântico na zona litoral Oeste, desde Ovar até Sines e no Algarve. Nessa área do território existem duas zonas distintas: uma com origem no secundário e outra no terciário e quaternário:

- As orlas mesozóicas Ocidental e Sul têm origem no secundário e predominam nestas os calcários, as margas e os arenitos, mas também argilas e conglomerados;
- As bacias do Tejo e do Sado têm origem no terciário e quaternário e predominam nestas as argilas, arenitos e conglomerados.

A relação entre habitação e os “recursos imediatamente disponíveis” só tem valor absoluto nos primeiros estádios da construção humana. Aliás, mesmo nesses níveis, “há sempre muita margem para variações arquitectónicas, dando liberdade às convenções e ideias locais para encontrarem a sua expressão própria” (Keesing 1961). A relação entre a disponibilidade de materiais no solo e as construções primitivas, apesar de, segundo este autor, deixar alguma margem de manobra, era evidente; daí o interesse em referir-se aqui a constituição dos solos, dos quais saem as matérias-primas essenciais na realização das construções.

Após a revolução industrial, introduziram-se materiais de construção industrializados ao mesmo tempo que se generalizaram os transportes de pessoas e mercadorias. Por estas razões, a ligação entre a disponibilidade de materiais no solo e a construção alterou-se, diluindo-se significativamente. Os aspectos económicos são aqueles que, quase exclusivamente, passaram a condicionar os tipos de materiais utilizados e dessa forma também os sistemas construtivos. As indústrias tenderam a localizar-se próximo das matérias-primas, mais por razões económicas que ambientais. Mas o facto de centralizar a produção conduz a que as distâncias médias efectuadas desde a extracção das matérias-primas até à colocação dos materiais na obra aumente exponencialmente. A construção industrializada, ainda que mais económica, revela-se efectivamente muito mais poluente que a construção de mão-de-obra intensiva e com recurso aos materiais locais.

No entanto, nos últimos anos, as crescentes preocupações ambientais e as maiores exigências legislativas sobre a eficiência

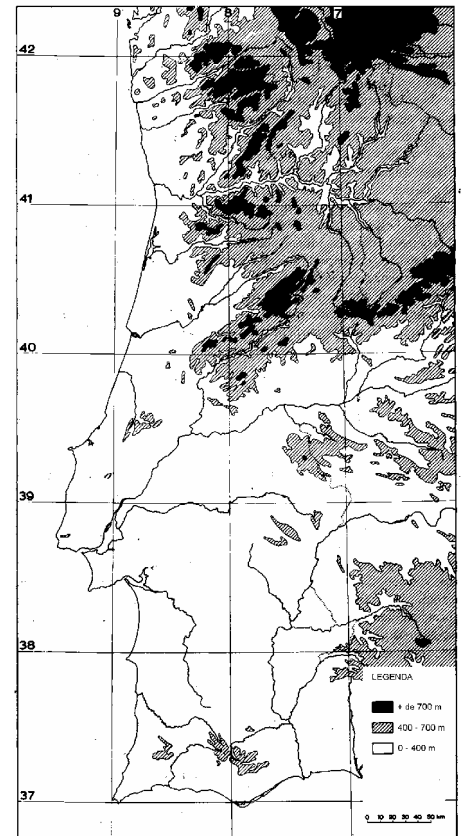


Figura 3.4.3. Os três andares hipsométricos fundamentais de Portugal Continental (Ribeiro et al 1987)

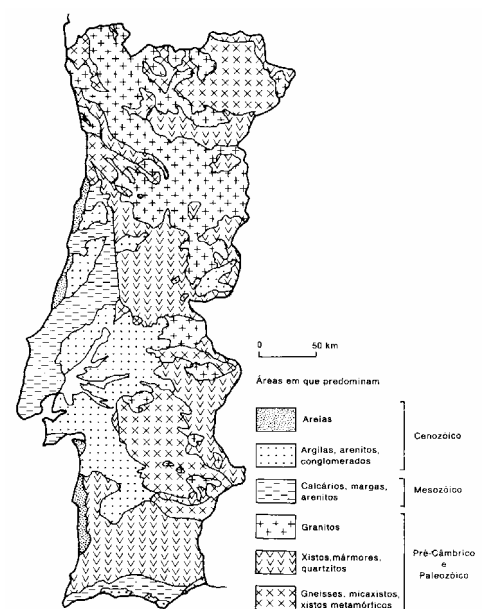


Figura 3.4.4. Diversidade litológica em Portugal Continental (Brito 1994)

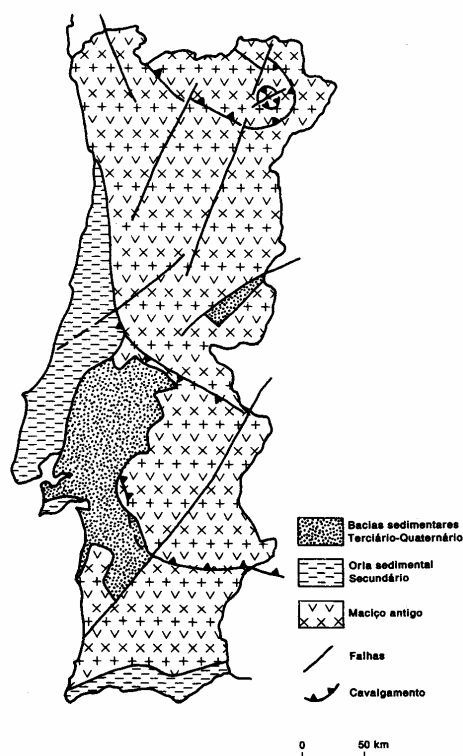


Figura 3.4.5. Unidades morfo-estruturais de Portugal Continental (Brito 1994)

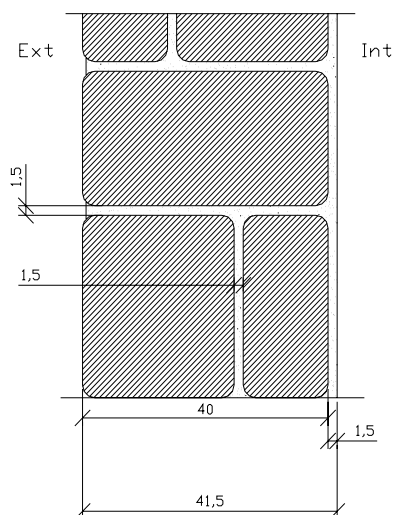


Figura 3.4.6. Secção tipo de uma parede simples estrutural de pedra ou adobe

energética levaram a reequacionar a perspectiva que se centrava apenas no custo económico, devido às permanentes incertezas nas variações do custo do petróleo. Desta forma, a opção de utilizar materiais locais, nomeadamente os mais pesados, necessários para aumentar a inércia e dar solidez e base de suporte às construções é uma solução que recomeça a ser ponderada.

### 3.4.2. Sistemas construtivos de paredes convencionais

Desde as primeiras construções documentadas no território nacional, até há pelo menos 50 anos atrás, os sistemas construtivos utilizados em habitação em Portugal eram predominantemente mistos, em termos de peso. Eram caracterizados por uma envolvente portante extremamente pesada, ver Figura 3.4.6 - aproximadamente  $1000\text{Kg/m}^2$  para uma parede, considerando uma espessura média de 0,40m em pedra. Em zonas onde a pedra não estava disponível eram utilizados tijolo ou adobe. Os pavimentos e cobertura eram ligeiros, de madeira - aproximadamente  $50\text{Kg/m}^2$  nos pavimentos e de 50 a  $150\text{kg/m}^2$  nas coberturas.

#### 3.4.2.1. Paredes pesadas

Pela inexistência de meios de transporte eficientes, os materiais utilizados nas paredes das habitações tradicionais, especialmente no caso das paredes pesadas, estavam intimamente associados à disponibilidade local de matérias-primas e mão-de-obra. Desta forma, os materiais utilizados para a sua construção correspondiam directamente às características litológicas do solo, pelo que a sua distribuição pelo território nacional era quase literalmente a do mapa da Figura 3.4.4.

Na Tabela 3.4.1 referem-se as designações de paredes tradicionais de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho (Figura 3.4.7) e material ligante dos elementos constituintes.

Tabela 3.4.1. Designação das paredes dos edifícios antigos, de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante dos elementos constituintes

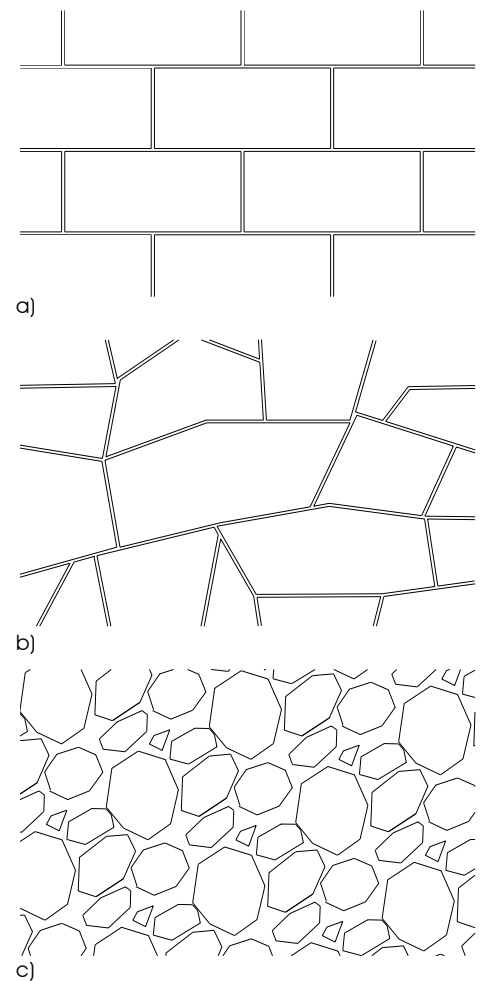
Natureza e características dos materiais utilizados nas paredes	Designação
Pedras de cantaria com as faces devidamente aparelhadas, assentes em argamassa, ou apenas sobrepostas e justapostas	Cantaria
Pedras em forma de prismas rectangulares de dimensões irregulares aparelhadas	Enxilharia ou silharia
Pedras irregulares aparelhadas numa das faces, assentes em argamassa ordinária	Alvenaria de pedra aparelhada
Pedras toscas, de forma e dimensões irregulares, e ligadas com argamassa ordinária	Alvenaria ordinária (corrente)
Alvenaria e cantaria; alvenaria e tijolo; alvenaria com armação de madeira; etc.	Paredes mistas, tabiques, etc
Pedras assentes por justaposição, apenas travadas entre si, sem qualquer tipo de argamassa	Alvenaria de pedra seca; Empedrados
Paredes construídas com betão	Paredes de betão
Paredes construídas com tijolo	Alvenaria de tijolo
Paredes construídas com terra	Alvenaria de adobe; Paredes de taipa
Fasquiado aplicado sobre tábuas colocadas ao alto, revestidos com reboco de argamassa de cal e saibro, posteriormente esboçado e estucado.	Tabique tradicional

Fonte: (Pinho 2000)

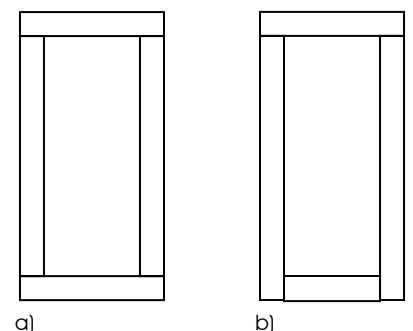
Nas construções antigas, as paredes exteriores, mas também as interiores que desempenham funções resistentes, designam-se por paredes mestras. As grandes espessuras que caracterizam estas paredes, devem-se aos seguintes factores:

- Capacidade para mobilizar forças estabilizantes, resultantes do seu elevado peso, que equilibram forças horizontais derrubantes e deslizantes, devidas por exemplo a impulsos de terras ou de elementos estruturais como asnas ou pisos, choques acidentais, vento, sismos, etc. Um aumento de espessura conduz a uma diminuição da esbelteza, reduzindo-se, por conseguinte, o risco de instabilidade por encurvadura;
- No caso das paredes exteriores, a protecção isolante em relação aos agentes atmosféricos, como a água da chuva ou o vento, está associada à elevada espessura. Esta cria um percurso dificultado para a água e para o ar provenientes do exterior e impede as perdas de calor durante o Inverno. Este percurso corresponde a um longo período de tempo pelo que, entretanto, com a chegada do Verão, aqueles agentes, principalmente a água, inverterão o sentido do seu percurso, dando-se então a secagem das paredes, lenta e progressivamente, que em situações de muito grande espessura ou em paredes enterradas se mantém mesmo até à chegada do Inverno seguinte, altura em que se reiniciará o ciclo.

Um elemento importante na caracterização das paredes das habitações tradicionais, muito especialmente nas urbanas, era a abertura de vãos: portas e janelas. Estes obedeciam a tipologias muito características, estando limitados pela capacidade resistente das peças que os confinavam. Em geral, e especialmente nas casas e prédios urbanos a partir do século XVI e até meados do século XX, as quatro superfícies (soleira ou parapeito, ombreiras e padieira ou verga) eram construídas com pedras de lancil. A verga apoia sobre as ombreiras e estas na soleira (Figura 3.4.8.a)), ou directamente sobre o elegimento, neste caso diz-se soleira entalada, por ficar entre as ombreiras (Figura 3.4.8.b)). Nas janelas de peito, as ombreiras são em geral constituídas por peças únicas, sendo nas janelas de sacada e nas portas muitas vezes formada por dois troços: um inferior, mais largo, designado por soco, e um superior que constitui a ombreira propriamente dita. Dada a pequena resistência da pedra à flexão, as vergas tinham de ser ressaltadas através de arcos, que transferiam as cargas existentes sobre os vãos para os nembos, onde apoiavam, no caso das paredes de alvenaria características do Sul do país. O arco, ou archete, era construído em tijolo, ocupando a quase totalidade da espessura da cantaria que, por ser inferior à da parede, obrigava ao seu prolongamento por outro, geralmente chato, até atingir aquela espessura. Este arco plano era designado por sobrearco. No Norte, em que a maioria das paredes são de cantaria, o sobrearco é, muitas vezes, formado por uma única pedra colocada ao lado da verga, perfazendo a espessura da parede. Neste caso o sobrearco recebe o nome de contrapadieira. Pelo mesmo motivo, o arco de ressalva, também designado por escarção, é muitas



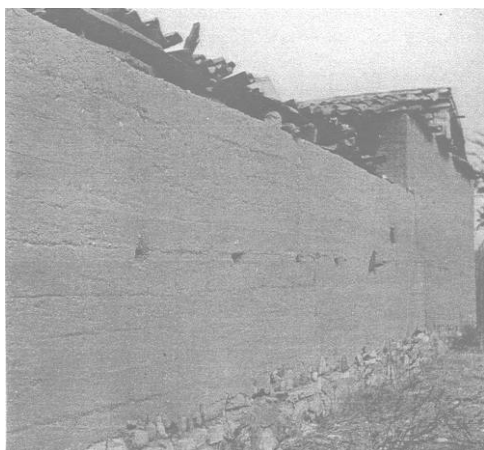
**Figura 3.4.7.** Diversos tipos de aparelhos de pedra – a) Cantaria, b) Alvenaria aparelhada, c) Alvenaria ordinária



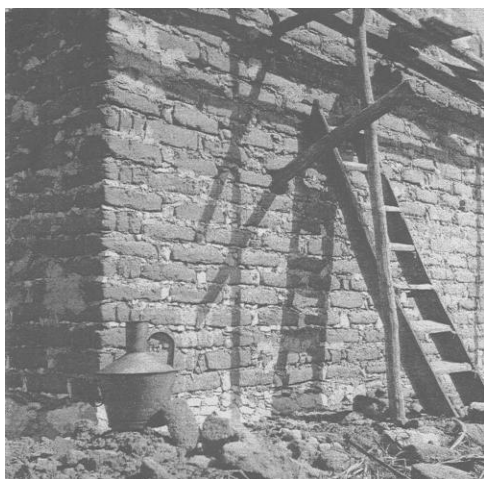
**Figura 3.4.8.** Vãos de porta tradicionais em paredes de alvenaria - a) com ombreiras apoiadas sobre a soleira e b) com soleira entalada

vezes constituído por três ou cinco pedras escoradas entre si, formando um arco tosco.

Como já foi referido, nas zonas onde não existia pedra, ou esta era escassa, as paredes, pelo menos as exteriores, eram realizadas com terra. Em Portugal, as primeiras casas de terra (normalmente em taipa) surgiram há cerca de 2.500 anos (Pinho 2000). A construção em terra perdurou entre nós até meados do século XX na construção de edificações rurais. Era característica de populações de baixos recursos económicos e em zonas de abundante terra argilosa. A localização deste tipo de construções é principalmente no Algarve e Alentejo, mas também em algumas zonas do Baixo Douro (Aveiro, Bairrada e Mira), na Estremadura e na raia junto a Castelo Branco (Revista Casas de Portugal 1996). Actualmente, retomou-se o interesse por este tipo de construções, nomeadamente no Algarve, associado ao turismo e no Alentejo, com experiências no domínio da habitação social. Nas Figuras 3.4.9 e 3.4.10 podem ver-se, respectivamente, um exemplo de uma construção em Taipa e um exemplo de uma construção em Adobe, ambas no território português.



**Figura 3.4.9.** Construção em Taipa, em Pelariga, Pombal (AAP 1988)

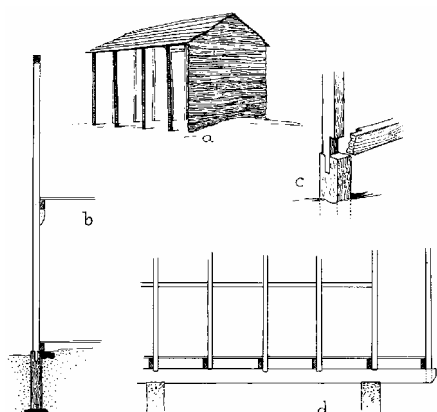


**Figura 3.4.10.** Construção em Adobe, em Aneiro, Santarém (AAP 1988)

O adobe e a taipa apresentam uma deficiente resistência à acção dos agentes atmosféricos no nosso clima, porque se desagregam com facilidade em presença da chuva ou da humidade ascendente, pelo que as paredes de terra não podiam assentar directamente sobre o solo. Este motivo levava a que estas casas estivessem assentes sobre pilares de pedra ou tijolo, que as elevavam acima do terreno. As paredes exteriores de taipa recorriam por vezes a contrafortes, para o seu reforço estrutural. Quando atingiam alturas significativas, as paredes podiam também ser reforçadas, total ou parcialmente, com um pequeno esqueleto de madeira embebido no interior. Tendo em vista aumentar a capacidade resistente global do edifício, as ligações entre as paredes de taipa deviam ser sempre refoçadas com ferrolhos metálicos. Dois operários podiam construir cerca de 8m<sup>3</sup> de taipa em 12 horas de trabalho, desde que a terra se encontrasse nas proximidades do local da construção (Pinho 2000).

### 3.5.2.3. Paredes leves

A construção tradicional leve implica sempre uma construção inteiramente em madeira, com excepção apenas das fundações, na maior parte dos casos em pedra, referindo-nos aos exemplos de Portugal. Um problema relacionado com os edifícios totalmente construídos com materiais leves, no clima de Portugal, é a sua pequena inércia térmica, o que resulta numa excessiva oscilação térmica diurna da temperatura interior. Tornam-se por essa razão mais apropriadas para climas invariavelmente frios ou quentes, com poucas oscilações térmicas diurnas e anuais, sendo por isso características dos países do Norte da Europa ou do Canadá, onde a capacidade de isolamento é mais importante que a inércia. Nos países tropicais a protecção destina-se essencialmente a abrigar da chuva e da radiação solar excessiva, que não implicam inércia nem isolamento térmicos. O emprego da madeira no todo do edifício era condicionado, não apenas pelas características climáticas e durabilidade do material no exterior, mas principalmente pela facilidade da sua obtenção, relacionada com



**Figura 3.4.11.** Pormenores construtivos de um barraco de praia de Esmoriz, Ovar (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

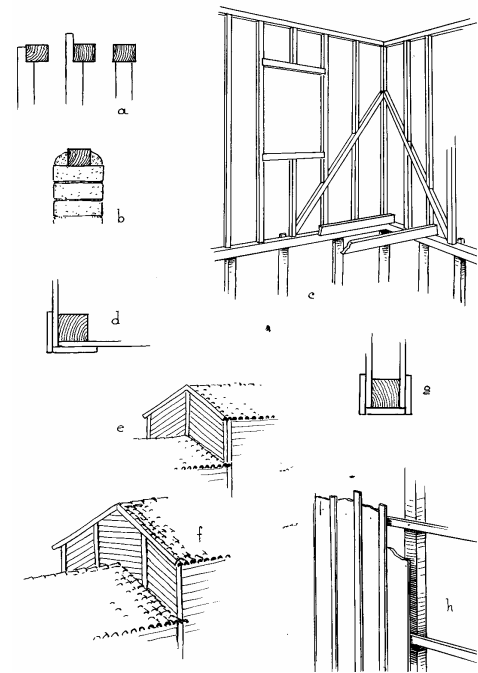
a existência próxima de florestas ou pinhais. “Na parte setentrional da Estremadura, ao longo da costa baixa, o pinhal de Leiria funcionou como determinante da Arquitectura da região, levando a madeira a ocupar um papel predominante e por vezes quase exclusivo na construção” (AAP 1988). Tal facto devia-se, não apenas à disponibilidade de madeira, mas também a não haver pedra na zona. Mesmo a argila, necessária para o fabrico de blocos de adobe ou para a taipa, falta totalmente nestes areais.

A construção de madeira tem também relação com a qualidade do terreno onde as construções se implantam. De Espinho para o Sul, até S. Pedro de Moel, o litoral é uma extensa faixa de areias quaternárias, conforme se pode ver na Figura 3.4.4. Nestas zonas marítimas, como no caso das casas de Aveiro e da Ria de Ovar, a leveza da madeira permite que as construções se ergam num solo arenoso de pouca estabilidade. “(...) Os palheiros, construídos sobre estacaria, trazem à mente, buscando as suas origens, hipóteses que os filiam e fazem derivar das palafitas lacustres pré-históricas” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). Esta solução sobreelevada permite também evitar a acumulação da areia transportada pelo vento. Além disso, “(...) quando se torna necessário, eleva-se a casa à força de macacos, puxam-se as estacas ou acrescentam-se os pilares e ela ergue-se mais alta” (AAP 1988). Os primitivos barracos de praia (Figura 3.4.11) e palheiros (Figura 3.4.12) mais ou menos evoluídos, que podiam chegar a dois ou mais pisos, eram sempre integralmente em madeira, desde as fundações de estacaria até à cobertura de tabuado, estorno ou junco, que só muito mais tarde dá lugar à telha caleira.

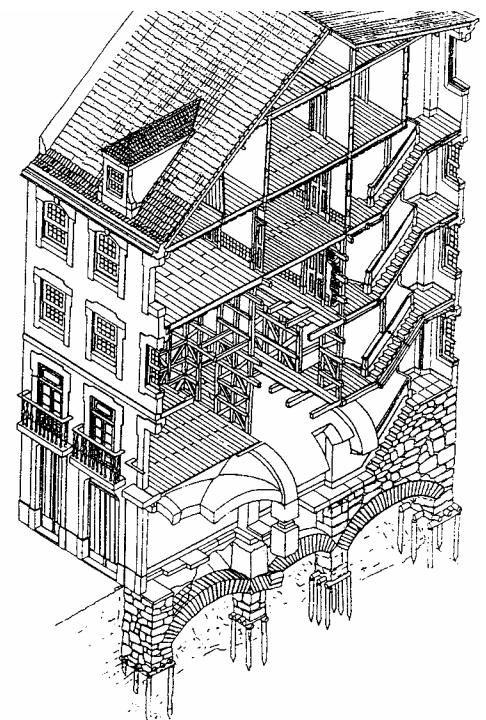
### 3.5.2.1. Paredes mistas

A utilização de sistemas mistos, onde a madeira desempenhava um papel crucial no sistema construtivo tradicional, especialmente nos elementos a trabalhar à flexão e em combinação com os elementos portantes pesados como a pedra ou a argila, era uma realidade de todas as construções de habitação. Este sistema construtivo foi levado a um grau de complexidade elevado no caso da reconstrução da baixa Pombalina de Lisboa, após o terramoto de 1755, com a introdução de uma estrutura em madeira (gaiolas), destinada a tornar o edifício resistente a sismos. Esta estrutura era construída no interior das fachadas de pedra ou tijolo pesadas, como se pode ver na Figura 3.4.13. “(...) A armação de madeira utilizada nas paredes mistas dos edifícios da Baixa pombalina, a gaiola ou esqueleto, é constituída por um elevado número de peças verticais, horizontais e inclinadas, devidamente ligadas entre si, formando as cruzes de Stº André que constituem um sistema sólido e com grande estabilidade (...)” (Pinho 2000).

Em outras zonas do país, essencialmente urbanas, nomeadamente no Porto ou em Guimarães, muitas vezes em acrescentos e pisos recuados, era comum utilizar paredes mistas nas fachadas exteriores e nas paredes de meação. Nestes casos aos tabiques chamavam-se frontais. Os frontais podiam ser compostos de travessanhos, prumos e escoras como nos exemplos da Figura 3.4.14, ou de outros tipos. No frontal à galega, ou enxaimel, as ripas de uma face alternavam com as da outra, conforme se pode ver



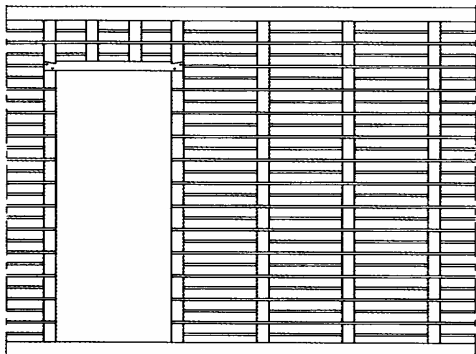
**Figura 3.4.12.** Pormenores construtivos de paredes exteriores e empenas num palheiro de Mira (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



**Figura 3.4.13.** Perspectiva-corte de um edifício de rendimento Pombalino (Pinho 2000)



**Figura 3.4.14.** Fotografia (em cima) e desenho em alçado (em baixo) de frontais de tabique (Pinho 2000)



**Figura 3.4.15.** Desenho em alçado de um frontal à galega: enxaimel (Pinho 2000)



**Figura 3.4.16.** Fotografia de um interior onde se pode ver o fasquiado de um tabique e também a estrutura do frontal (Pinho 2000)

na Figura 3.4.15. O enchimento era feito com alvenaria miúda, amparando com tábuas que posteriormente eram retiradas.

Exceptuando os escassos vestígios que restam da maciça construção civil romano-gótica, a casa com fachada de tabique parece ser em geral mais antiga que a de pedra (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). A casa de tabique, com os andares em ressalto, a que os Franceses dão o nome de “encorbellement”, e que certos autores explicam como um processo de se obter maior espaço interior, sem prejuízo da largura, já de si exígua, das ruas da época, aparece como um estilo comum da Europa medieval, quinhentista e seiscentista. A casa de tabique, de fachada lisa e balaústres de madeira nas varandas, constitui também entre nós uma técnica de construção anterior ao século XVII, mas que já marca a transição para as fachadas de pedra posteriores ao século XVII.

O tabique, enquanto sistema construtivo mais ligeiro do que a alvenaria de pedra, enquadra-se no âmbito dos sistemas de parede leves e dos edifícios com sistemas de peso misto. A construção em tabique é caracterizada por duas vantagens sob o ponto de vista ambiental: o reduzido peso e consequente facilidade de construção e desconstrução, bem como a baixa energia incorporada. Nos edifícios de habitação os tabiques eram formados por um esqueleto de madeira, o fasquiado, aplicado sobre tábuas colocadas ao alto. Na Figura 3.4.16 pode ver-se um fasquiado tradicional sem o revestimento, que era feito com reboco de argamassa de cal e saibro, em ambas as faces, esboçado e estucado. Apesar do sistema construtivo ser semelhante, os tabiques distinguem-se dos frontais à galega referidos anteriormente, por terem resistências mecânicas incomparavelmente inferiores, tendo em geral uma espessura média de 10cm. “O tabique mais simples e ligeiro era formado por uma fiada de tábuas costaneiras não limpas, com um comprimento máximo de 2,64m a 3,5m e uma secção de 0,18x0,055m ou 0,18x0,041m, pregadas ao alto com um intervalo mínimo de 0,01m, a duas réguas com 0,10m a 0,12m de largura, fixas uma no sobrado e outra no tecto. Fasquias horizontais, dispostas paralelamente e com intervalos de 0,03m a 0,05m, eram então pregadas sobre as costaneiras de forma a que a face mais larga ficasse para fora, para poder reter nesses intervalos a argamassa aplicada no revestimento da parede” (Pinho 2000). Os tabiques tiveram uma maior utilização em paredes interiores divisórias ou de compartimentação, mas estas não constituem o objecto de estudo principal deste trabalho, pelo que não se pretende aprofundar este tema.

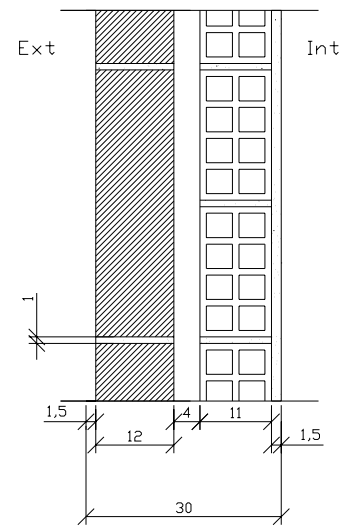
A partir de meados do século XX, com a generalização das estruturas porticadas de betão armado e do tijolo furado industrializado, este último passou a ter o papel preponderante na construção das paredes exteriores e mesmo interiores, substituindo os materiais tradicionais locais – pedra, tijolo maciço ou perfurado e adobe ou taipa – nas paredes exteriores. A introdução das lajes aligeiradas com abobadilhas de tijolo ou betão nas lajes, veio igualmente substituir a madeira nas lajes de piso e coberturas, vindo trazer uma alteração radical dos sistemas construtivos das

habitações, deixando de ser mistos (pedra ou outro material pesado / madeira), para serem essencialmente pesados ou médios (com lajes de betão aligeiradas com abobadilhas de tijolo e paredes de tijolo furado duplas).

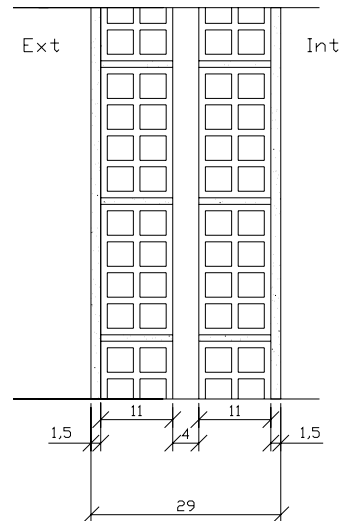
Numa síntese da evolução das paredes exteriores em Portugal realizada por Hipólito Sousa (Sousa 1996), a partir dos anos 50 pode ver-se a existência do tijolo furado em todas as soluções características das respectivas épocas. Nos anos 50 introduziram-se as paredes duplas de tijolo furado no interior e pedra ou tijolo maciço no exterior, mas sem isolamento na caixa-de-ar, conforme se representa na Figura 3.4.17. Nos anos 60 as paredes duplas passaram a ser totalmente de tijolo, com o tijolo de maior espessura no exterior. Nos anos 70 a qualidade regrediu e os panos passaram a ser ambos de reduzida ou média espessura (Figura 3.4.18), ou mesmo panos simples, especialmente no Sul do país. Apenas no anos 80 se voltou a utilizar paredes duplas com alguma qualidade, nomeadamente utilizando panos de maior espessura no exterior e materiais isolantes térmicos na caixa-de-ar (Figura 3.4.19).

A perda gradual das identidades locais, consequência da globalização, e os custos crescentes da mão-de-obra na indústria de construção, têm conduzido a alguma depreciação dos materiais tradicionais naturais locais. A construção adoptou materiais industrializados, muitos deles importados de longas distâncias, com energia e custos de transporte muito mais elevados. O sistema construtivo mais comum actualmente utilizado em Portugal é o de pórticos de betão armado e lajes aligeiradas (com aproximadamente  $350\text{Kg/m}^2$  para um pavimento, se se considerar  $0,22\text{m}$  de espessura de laje e um valor semelhante nas paredes envolventes com  $0,40\text{m}$  de espessura total). Pode-se concluir que o peso global dos edifícios hoje em dia é parecido com os valores de há 100 anos atrás. Apesar de algum incremento no desempenho estrutural pela utilização de estruturas porticadas de betão armado, assistimos a uma regressão nas questões de impacto ambiental, pela diminuição das possibilidades de reciclagem e reutilização, já que os componentes são cada vez mais aderidos e não apenas justapostos, como nas construções primitivas, ou fixos mecanicamente, como na generalidade das construções leves.

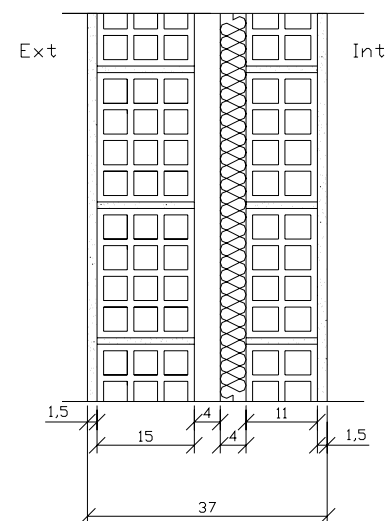
Ainda que os tijolos vazados e o betão armado sejam materiais de disponibilidade local no território português, a sua produção está muito centralizada. No caso do ferro e do cimento para o betão armado, o consumo energético associado à produção é bastante significativo na energia incorporada final, enquanto no caso do tijolo, a grande quantidade de material implica um grande consumo energético com o transporte.



**Figura 3.4.17.** Parede dupla de alvenaria de pedra exterior e alvenaria de tijolo interior, sem isolamento térmico



**Figura 3.4.18.** Parede dupla de alvenaria de tijolo de espessura média, sem isolamento térmico



**Figura 3.4.19.** Parede dupla de alvenaria de tijolo, com isolamento térmico



### 3.4.3. Evolução da morfologia da habitação e conforto

A morfologia da habitação, com especial destaque para as características da envolvente, contribuíram significativamente para a evolução do desempenho térmico das habitações, sempre com a finalidade de melhorar o conforto. Pretende-se nesta secção caracterizar as exigências de conforto na habitação ao longo do tempo, relativamente às diversas modalidades do habitar, que vão desde o abrigo, à habitação temporária e finalmente à habitação própria permanente.

Todas as construções primitivas não eram mais do que abrigos no sentido actual da palavra. Importa no entanto estabelecer uma distinção entre abrigos e construções primitivas propriamente ditas. Segundo Veiga de Oliveira e Galhano, os abrigos são construções sumárias e normalmente muito exíguas, de habitação temporária ou mesmo ocasional, em certos casos móveis, mal se podendo, nos seus tipos rudimentares, falar de sistemas ou estilos com características regionais; as construções primitivas são edificações fixas e para habitação ou utilização permanente ou normal, obedecendo a sistemas de construção bem definidos com nítida diferenciação tipológica ou regional. Foi a partir destas últimas que a construção evoluiu para a arquitectura tradicional, gradualmente a partir do século XVI e até meados do século XX, altura em que se dá uma uniformização dos tipos, ficando apenas algumas diferenças tipológicas entre o Norte e o Sul do País e entre litoral e interior, além das diferenças inevitáveis entre zonas urbanas e zonas rurais.

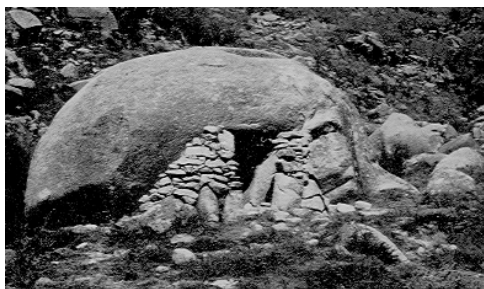
#### 3.4.3.1. Abrigos

Os primeiros abrigos que o homem utilizou, para se proteger contra os rigores do clima e das intempéries, apresentam-se sob diversas formas, correspondendo geralmente a diferentes estádios de evolução. Alguns exemplos subsistiram em Portugal até hoje, ou até ao século passado, dos quais se podem referir os seguintes tipos:

- Abrigos naturais – cavernas, grutas e lapas;
- Abrigos semi-naturais – aproveitam parcialmente rochas para construir sob elas, conforme exemplo da Figura 3.4.20;
- Abrigos artificiais – em pedra, em pedra e em materiais vegetais, inteiramente em materiais vegetais.

Os abrigos artificiais em pedra com cobertura em pedra, encontram-se em algumas zonas do país, nomeadamente Trás-os-Montes, Beiras, sobretudo em zonas serranas. Trata-se de pequenas construções em pedras sobrepostas, como se pode ver na Figura 3.4.21. Eram utilizadas como abrigos de pastores, lavradores ou guardas dos campos. Este tipo de construções remete-nos para as construções dolménicas, e eventualmente podem ter sido aproveitadas pedras ou partes destas construções. Nalguns casos os abrigos artificiais em pedra aproveitavam muros e socacos pelo menos para uma das paredes.

Os abrigos artificiais em pedra sem cobertura que se conhecem no território Português são chamados de Malhões. Servem apenas como protecção contra o vento e o sol, já que não têm cobertura,



**Figura 3.4.20.** Abrigos semi-naturais: Serra da Peneda (em cima) e Monsanto da Beira (em baixo) (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.21.** Abrigo artificial com cobertura: Leboção, Chaves (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.22.** Abrigo artificial sem cobertura, um Malhão encurvado: Almeida (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.23.** Abrigo em materiais vegetais: Choço cónico móvel, Penalva do Castelo (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



sendo quase sempre encurvados e orientados contra a direcção do vento predominante. Encontram-se sobretudo no Alentejo, região de Sintra e nas Serras da Estrela e de Aire. Na Figura 3.4.22, pode ver-se um exemplo de um Malhão encurvado, localizado em Almeida.

Encontram-se também abrigos com paredes de pedra e cobertura em materiais vegetais (ramadas de giesta, pinheiro, colmo, etc.). Estas construções são de planta redonda ou rectangular e encontram-se em Trás-os-Montes, Beira Alta e Serra do Gerês. Este tipo de construções são predecessoras da maior parte das habitações primitivas, já que foi a partir deste conceito de sistema construtivo misto que a habitação permanente evoluiu.

Os abrigos inteiramente em materias vegetais foram usados pelo homem desde o Paleolítico, para se abrigar durante os períodos quentes, além de habitar também nas cavernas e grutas durante os períodos frios. Ainda nos dias de hoje, ou pelo menos Veiga de Oliveira referia-o em 1969, existem em Portugal diversos tipos de abrigos com materiais vegetais, fixos ou móveis, para utilização temporária ou ocasional, para guarda de campos ou para anexos agro-pecuários. São pequenas cabanas do género cobertura/parede, de planta circular e formato cónico, como no exemplo da Figura 3.4.23 ou de planta quadrangular, como no exemplo da Figura 3.4.24. Nalguns casos consistem apenas numa esteira, tal como no exemplo da Figura 3.4.25 ou em combinações de esteiras e anteparos, formando espaços mais protegidos.

### 3.4.3.2. Habitações primitivas

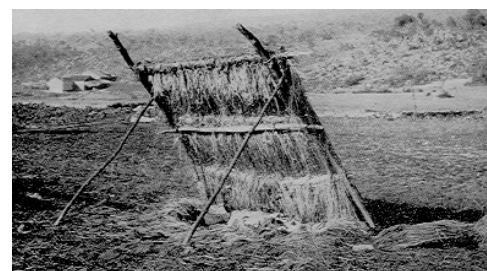
Em Portugal, as construções primitivas para habitação permanente, também chamadas de arquitectura arcaica, correspondem a uma evolução que ultrapassa o nível de meros abrigos precários e temporários referidos anteriormente. Compreendem quatro tipos diferentes:

- Construções com cobertura-parede, de planta circular (cónica) ou rectangular, em materiais vegetais;
- Construções inteiramente em materiais vegetais, de cobertura e parede diferenciadas, com planta circular (forma cilindro-cónica) ou rectangular;
- Construções com cobertura em materiais vegetais e parede em pedra e planta circular, quadrada ou rectangular;
- Construções inteiramente em pedra, com cobertura em falsa cúpula e planta circular ou quadrada.

O primeiro tipo de construções inteiramente em materiais vegetais é o de forma cónica sem paredes, já que a cobertura se prolonga até ao solo e constitui uma forma extremamente primitiva, derivada dos abrigos que o homem já construía no Paleolítico. Entre nós, este tipo de construções esteve associado aos primeiros povoados fixos, no Mesolítico e, sobretudo, no Neolítico, quando o homem já se dedicava à agricultura e criação de gado (Veiga de Oliveira e Galhano 1969). Na Figura 3.4.26 pode ver-se um exemplo deste tipo de construção que ainda se encontrava habitada no fim dos anos sessenta. Neste tipo, totalmente em materiais vegetais e de cobertura-parede, aparecem também construções de duas águas



**Figura 3.4.24.** Abrigo artificial em materiais vegetais: fixo de planta quadrangular, Ota (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.25.** Abrigo artificial em materiais vegetais: esteira, Vila da Ponte, Sernancelhe (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



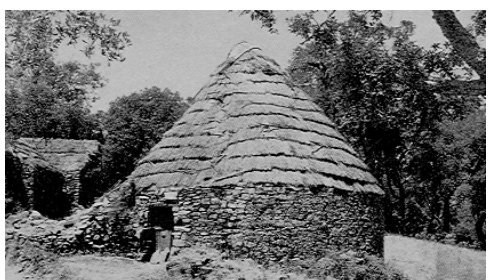
**Figura 3.4.26.** Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta circular: Chocha em Beirã, Marvão (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.27.** Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta rectangular: Cabanas na Ilha de Armona, Fuzeta (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.29.** Habitação primitiva do tipo cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais de planta rectangular: Cabanas de tabuado e junco na Ilha de Armona, Fuzeta (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.31.** Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cónica: Palheiro em Cavalos, Serra do Caldeirão (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



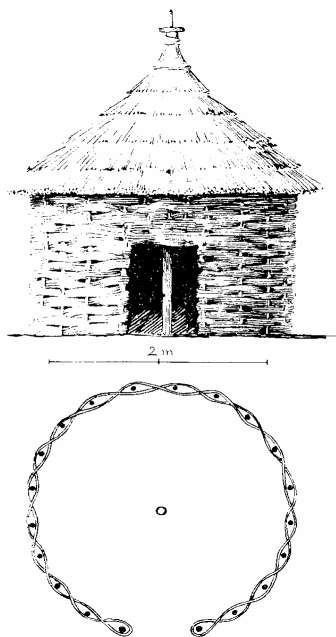
**Figura 3.4.32.** Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cónica: Cabana de dois pisos em Abrunhosa, Mangualde (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



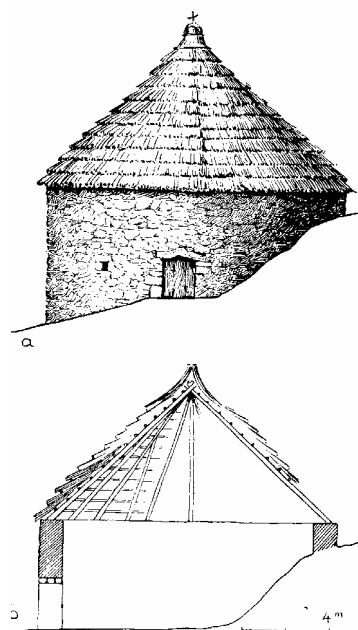
**Figura 3.4.33.** Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de planta rectangular: Choupana de cobertura de duas águas em Prime, Viseu (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)

com empenas, neste caso com planta quadrangular. Estas são possivelmente posteriores às de planta circular e aparecem no litoral, ligadas à actividade piscatória (Porto Covo, Setúbal e Sines) (Figura 3.4.27), bem como no Ribatejo - casas de cesteiros - mas também no interior, na Beira Alta, ligadas à actividade agrícola, como arrumos rurais.

O segundo tipo de construção inteiramente em materiais vegetais é caracterizado pela existência de paredes diferenciadas da cobertura. Estas construções são feitas de paus, ramagens e colmo, não servem de habitação humana temporária e muito menos permanente, são actualmente anexos rurais pecuários ou agrícolas, chamados de curveiros, com planta circular e formato cilindro-cónico, estando um representado na Figura 3.4.28 (Veiga de Oliveira e Galhano 1969). Para o milho, no Noroeste, os espigueiros têm também uma forma deste tipo, que evoluirá posteriormente para a planta rectangular. A planta rectangular neste tipo aparece em zonas litorais para habitação, entre o Norte de Espinho e o Sul da Praia de Vieira de Leiria inicialmente, tendo-se estendido posteriormente até ao Algarve e ao estuário do Sado, Alentejo interior e Ribatejo, nestes últimos casos servindo como habitação ou anexos rurais. Na Figura 3.4.29 pode ver-se uma habitação deste tipo, com paredes de tabuado e cobertura em junco.



**Figura 3.4.28.** Alçado e planta de habitação primitiva de cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais de forma cilindro-cónica: Curveiro em Vale Chaim, Odemira (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.30.** Alçado e planta de habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cónica: Palheiro em Barranco do Velho, Loulé (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)

As cabanas, de planta circular com paredes de pedra e cobertura cónica em materiais vegetais (Figuras 3.4.30 a 3.4.32) encontram-se ainda em algumas áreas, sobretudo na Serra Algarvia e no Alentejo. Usam-se actualmente como palheiros, mas ainda existem relatos de estas serem habitadas até há cerca de 100 anos (Veiga de Oliveira e Galhano 1969). Tendo muitas vezes como localização os sítios onde se encontravam em épocas anteriores as construções

inteiramente em materiais vegetais já referidas, os castros e citânias da idade do Ferro eram constituídos por habitações deste tipo. Esta tipologia evoluirá para a planta quadrangular. Na Figura 3.4.33 vê-se uma choupana de planta rectangular e cobertura de duas águas, usada como corte ou palheiro, em Prime, Viseu. A planta rectangular, nas suas formas mais elaboradas, constitui já os tipos iniciais de casa tradicional ulterior, de maior dimensão e melhores condições de habitabilidade.

O último grupo referido é o de construções inteiramente em pedra de planta circular ou quadrada, com falsa cúpula. A cobertura era construída com fiadas de pedras aproximando-se do centro à medida que se desenvolvia a construção, de modo a formar uma falsa cúpula. Nas Figuras 3.4.34 e 3.4.35 podem ver-se, respectivamente, construções de planta circular e de planta quadrada, deste tipo.

O primitivismo das construções apresentadas anteriormente, não significava que elas correspondessem necessariamente aos níveis sociais mais baixos, mas sim que estavam ligadas a certas actividades particulares. Por exemplo, os abrigos móveis dos pastores, um último reflexo de um passado de pastoreio seminómada, ou as casas de materiais vegetais dos pescadores, têm as suas raízes no Paleolítico. "(...) São formas de habitação muito precárias, onde as pessoas vivem em condições de grande – por vezes total – desconforto, que hoje em dia mal se aceita, e que estão por isso condenadas a desaparecer, votadas ao desprezo que em geral merecem as formas ultrapassadas, ou integradas em contextos que evoluíram para além delas" (Veiga de Oliveira e Galhano 1969).

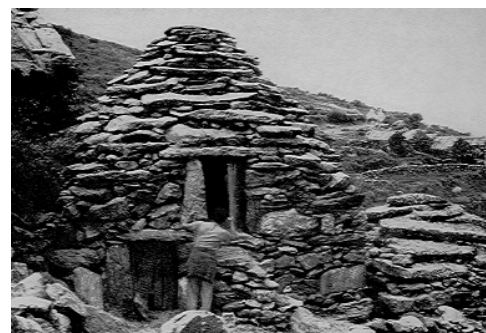
### 3.4.3.3. Habitações tradicionais

O estágio mais aperfeiçoado das habitações primitivas ocorreu quando as construções de paredes pesadas e cobertura em materiais vegetais adquiriram a forma de planta rectangular. Posteriormente evoluiu para formas compostas e ganhou maior dimensão, compartimentação interior, postigos e janelas. É a partir deste estágio que começam a surgir as Habitações tradicionais e a definir, duma forma mais relevante, diferenças tipológicas ao longo do território nacional. Interessa referir estas evoluções e adaptações, nos aspectos que vão condicionar a adequação às especificações do clima, topografia e solo onde se localizam.

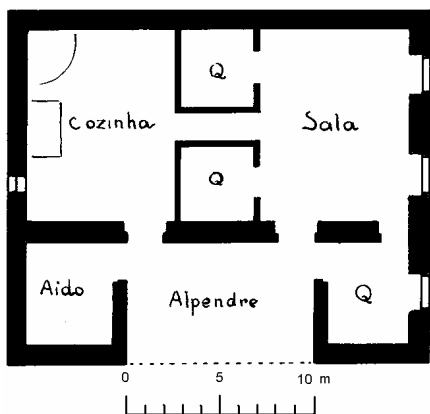
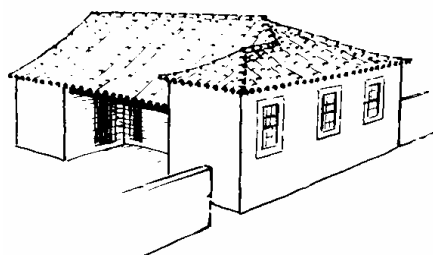
Um aspecto que parece ser uma preocupação fundamental, quando se introduzem divisões interiores, é a definição de áreas de maior intimidade e melhor gestão do conforto térmico. Uma estratégia de compartimentação térmica era característica de alguns exemplos de casas antigas portuguesas, com as alcovas - compartimentos de pequena dimensão, destinados apenas a dormir - que conseguiam uma menor flutuação térmica do que nos restantes compartimentos da casa, inicialmente apenas Sala e Cozinha. No exemplo mostrado na Figura 3.4.36, o Paço de Anceriz - casa de campo de D. Diogo de Sousa, do século XVI, localizada nos arredores de Braga - pode ver-se que as alcovas eram alinhadas por detrás dos salões e apenas dispunham de pequenas



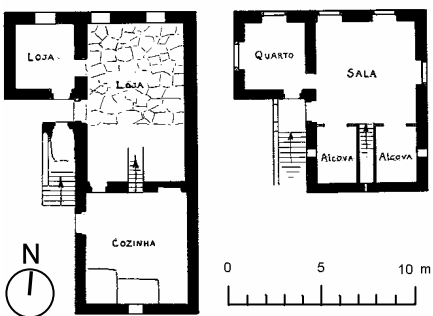
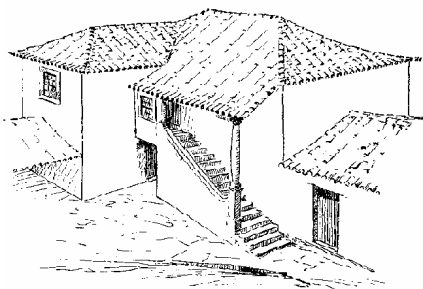
**Figura 3.4.34.** Habitação primitiva de pedra de planta circular: Chafurdão em Ribeira da Amieira, Castelo de Vide (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



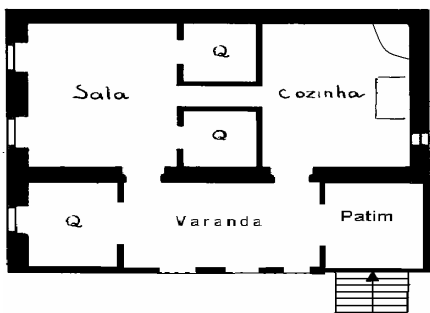
**Figura 3.4.35.** Construção primitiva de pedra, de planta quadrada: Forno de dois pisos da Branda do Real, Serra da Peneda (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)



**Figura 3.4.37.** Casa do séc XVIII tipo A, na Maia (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

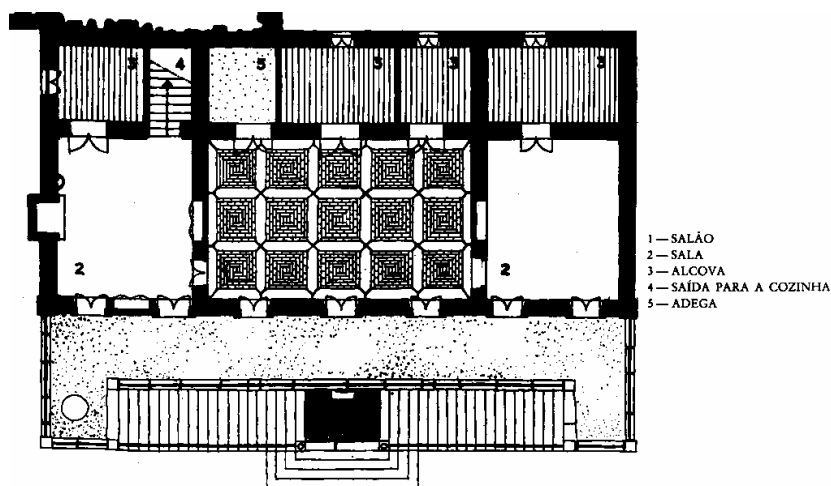


**Figura 3.4.38.** Casa no Lugar do Real, Moreira da Maia (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



**Figura 3.4.39.** Casa com varanda fechada em Esposende (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

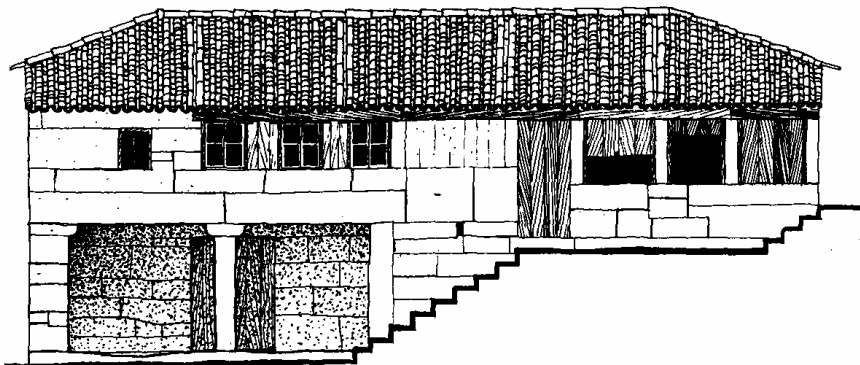
janelas para a fachada posterior. Todos os espaços de estar, de grandes dimensões, eram voltados para a fachada principal.



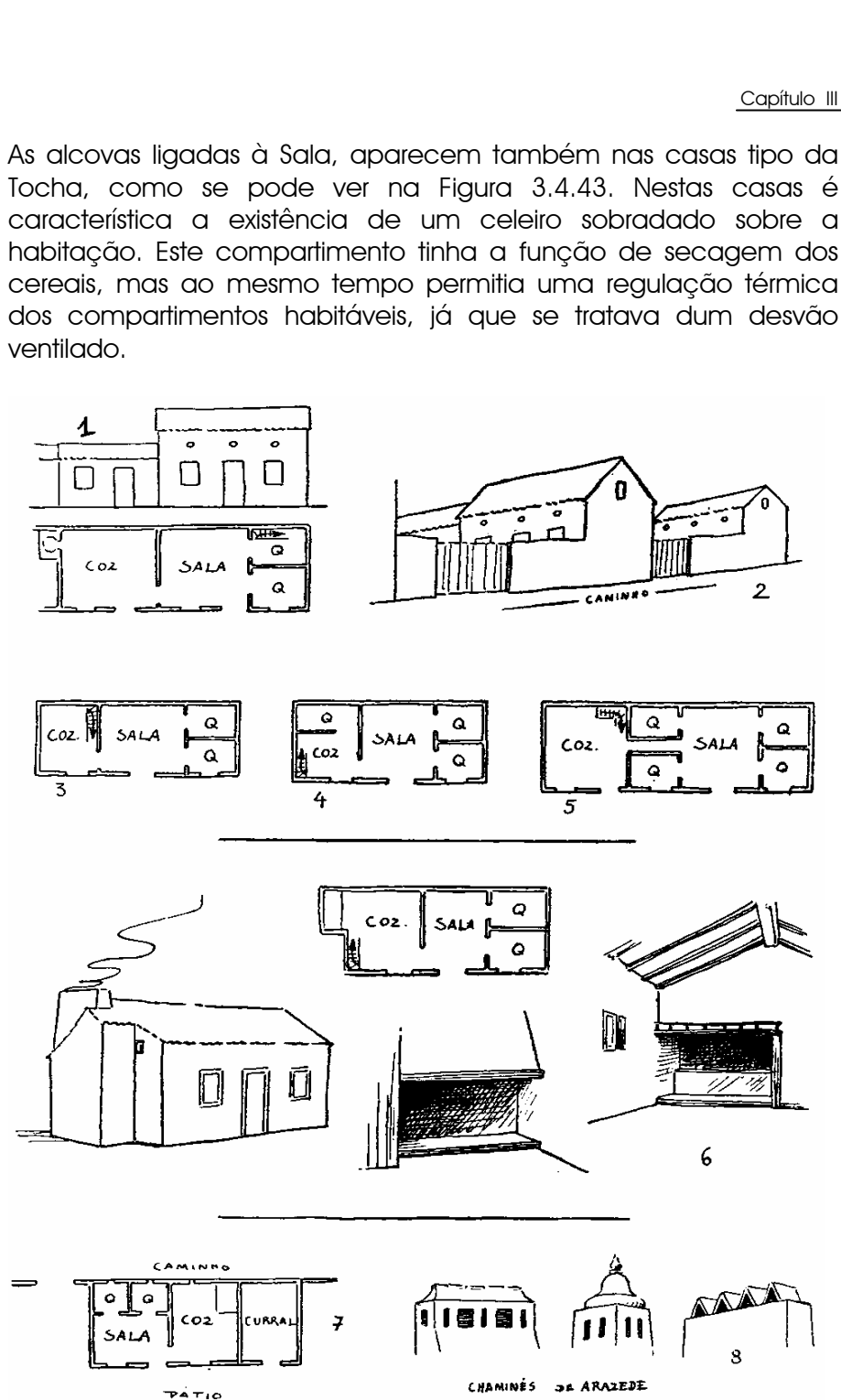
**Figura 3.4.36.** Paço de Anceriz em São Estevão do Penso, Braga, casa do século XVI com uma estratégia de zonagem térmica (AAP 1988)

Numa casa de meados do século XVIII na Maia, apresentada na Figura 3.4.37, podem ver-se as alcovas, que se encontram no meio da habitação, entre a Cozinha e a Sala. Esta casa constitui uma casa tipo que se repete em vários exemplos nesta zona, e que Veiga de Oliveira e Galhano classificam como sendo do tipo A. Um outro tipo de casa da Maia é o B, que constitui uma evolução para dois pisos e planta em "L" do tipo A. Conforme se pode ver no exemplo da Figura 3.4.38, localizado em Moreira da Maia, pelo facto de ter sido criada uma "loja", as alcovas, com as dimensões de 2 x 1,65m, ficaram já numa posição mais exposta na casa, passando juntamente com a Sala para o primeiro piso e ocupando a fachada a Sul (Veiga de Oliveira e Galhano 2000).

Nas casas de Esposende também aparecem alcovas com abertura para a sala e localizadas no meio da habitação, como se pode ver na Figura 3.4.39, mas nestas são chamadas de Camaretas. A principal distinção em relação às casas da Maia é a varanda ser fechada, na maior parte dos casos, especialmente quando próximas do mar. Continua aqui a aparecer um Quarto com comunicação pela zona da varanda fechada, tal como na Casa do Monte, em Carapeços, Barcelos, da Figura 3.4.40 e 3.4.41, ou na Casa do Ribeiro, da Figura 3.4.42, mas nestas últimas já não aparecem as alcovas ou camaretas interiores.



**Figura 3.4.40.** Alçado da fachada principal da Casa do Monte, do século XVIII, Carapeços, Barcelos (AAP 1988)



As alcovas ligadas à Sala, aparecem também na Tocha, como se pode ver na Figura 3.4.43. característica a existência de um celeiro sobre habitação. Este compartimento tinha a função de armazenar cereais, mas ao mesmo tempo permitia uma ventilação dos compartimentos habitáveis, já que se tratava de um espaço ventilado.

Figura 3.4.43. Casas tipo da Tocha (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Capítulo III

As alcovas ligadas à Sala, aparecem também nas casas tipo da Tocha, como se pode ver na Figura 3.4.43. Nestas casas é característica a existência de um celeiro sobradado sobre a habitação. Este compartimento tinha a função de secagem dos cereais, mas ao mesmo tempo permitia uma regulação térmica dos compartimentos habitáveis, já que se tratava dum desvão ventilado.

Figura 3.4.43. Casas tipo da Tocha (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Uma outra solução de regulação térmica associada à secagem dos cereais e neste caso também à criação de animais, aparece na casa de Mira, com pátio fechado, que se pode ver na Figura 3.4.44.

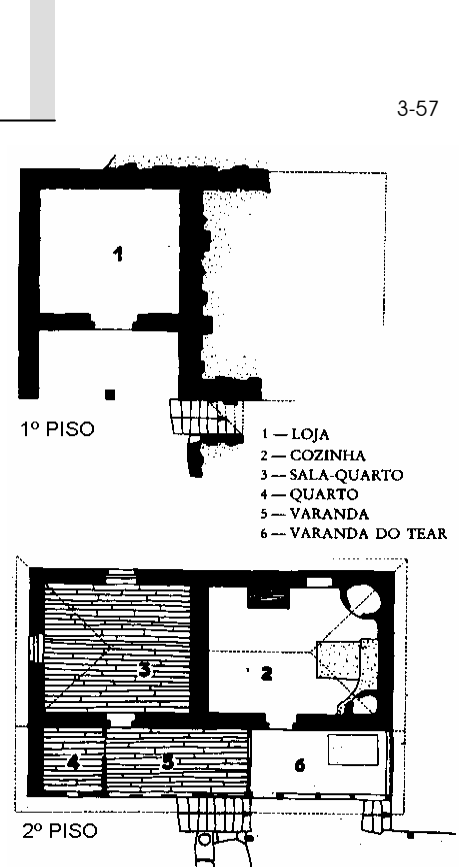
Capítulo III

As alcovas ligadas à Sala, aparecem também nas casas tipo da Tocha, como se pode ver na Figura 3.4.43. Nestas casas é característica a existência de um celeiro sobradado sobre a habitação. Este compartimento tinha a função de secagem dos cereais, mas ao mesmo tempo permitia uma regulação térmica dos compartimentos habitáveis, já que se tratava dum desvão ventilado.

**Figura 3.4.43.** Casas tipo da Tocha (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Uma outra solução de regulação térmica associada à secagem dos cereais e neste caso também à criação de animais, aparece na casa de Mira, com pátio fechado, que se pode ver na Figura 3.4.44.

Nas zonas serranas do Nordeste as casas são geralmente de rés-do-chão e andar, aproveitando o declive do terreno e, nalguns casos, os afloramentos rochosos como base ou parede. Podem ter uma entrada directa para cada piso, ou então uma escada exterior de pedra, encostada à fachada frontal. Telhados em colmo também são frequentes, utilizados nestas zonas pela sua boa capacidade isolante, como no exemplo duma casa em Boticas, apresentada na Figura 3.4.45.



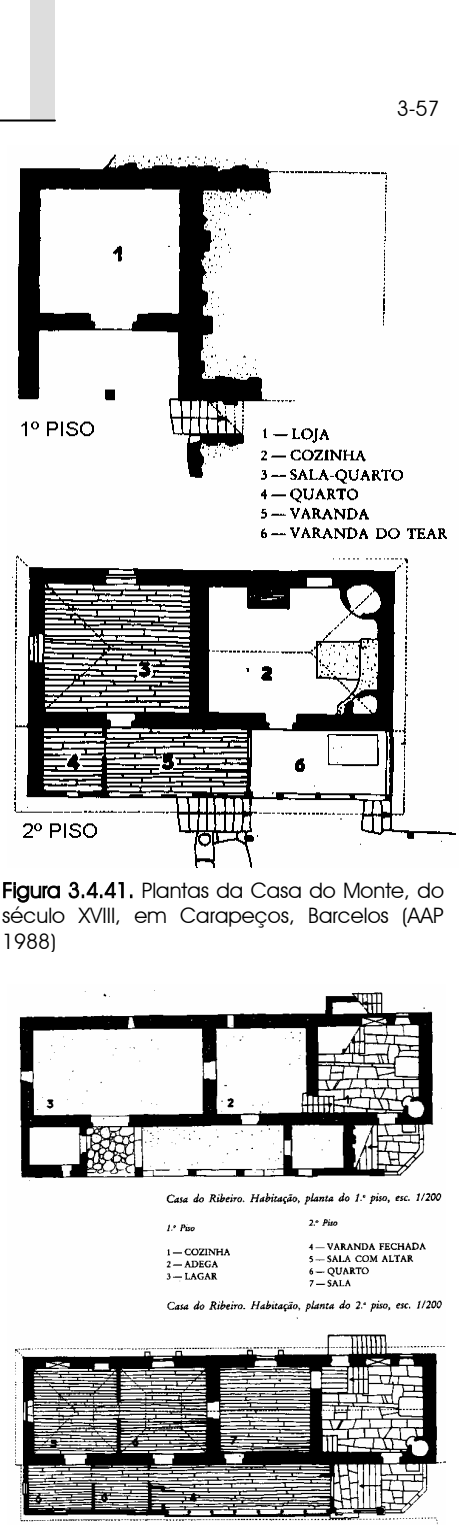
3-57

1º PISO

1 — LOJA  
2 — COZINHA  
3 — SALA-QUARTO  
4 — QUARTO  
5 — VARANDA  
6 — VARANDA DO TEAR

2º PISO

Figura 3.4.41. Plantas da Casa do Monte, do século XVIII, em Carapeços, Barcelos (AAP 1988)



3-57

1º PISO

1 — LOJA  
2 — COZINHA  
3 — SALA-QUARTO  
4 — QUARTO  
5 — VARANDA  
6 — VARANDA DO TEAR

2º PISO

Figura 3.4.41. Plantas da Casa do Monte, do século XVIII, em Carapeços, Barcelos (AAP 1988)

Casa do Ribeiro. Habitação, planta do 1.º piso, esc. 1/200

1.º Piso

1 — COZINHA  
2 — ADEGA  
3 — LAGAR

2.º Piso

4 — VARANDA FECHADA  
5 — SALA COM ALTAR  
6 — QUARTO  
7 — SALA

Casa do Ribeiro. Habitação, planta do 2.º piso, esc. 1/200

Figura 3.4.42. Casa do Ribeiro, Escudeiros, Braga (AAP 1988)

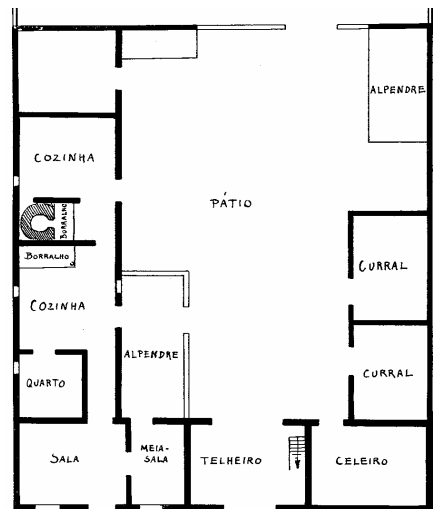
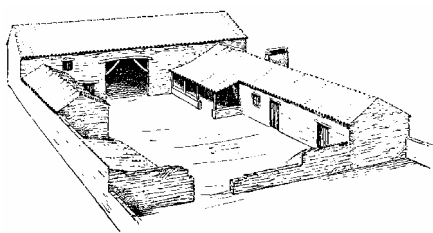


Figura 3.4.44. Casa Pátio em Mira. Perspectiva exterior e Planta. (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

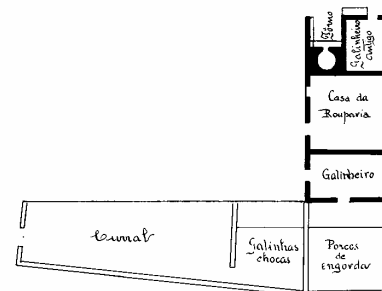
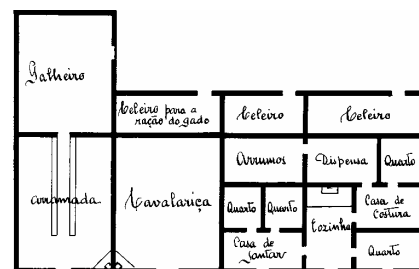
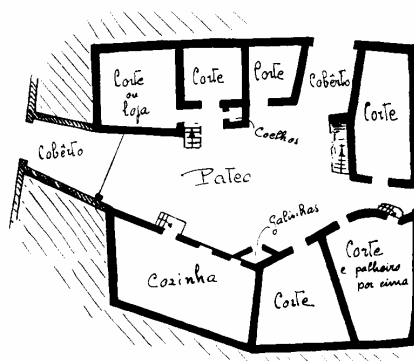
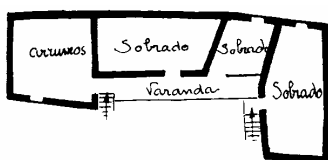


Figura 3.4.45. Casa em Boticas, Beça (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Figura 3.4.46. Casa em Boticas, Campos. Vista do pátio e plantas do 1º andar e R/C (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Figura 3.4.47. Monte da Cascalheira, Serpa. Perspectiva exterior e Planta (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

Na casa térrea do Alentejo, as construções são predominantemente de tijolo e taipa. No caso da taipa, esta permite uma maior resistência térmica das paredes exteriores associada a uma boa capacidade de armazenamento térmico, o que se adequa ao clima quente e seco. O acabamento caiado no exterior permite uma menor absorção de radiação solar. A construção é térrea e geralmente com um menor factor de forma que no resto do país, quando em soluções de casas independentes. Em aglomerados habitacionais as habitações são preferencialmente construídas em blocos de várias casas unidas. As casas têm poucas janelas e de pequena dimensão. Nas casas das aldeias do Alentejo, só há uma porta na frontaria e raros postigos. Nas casas das herdades rurais de maior dimensão, os Montes, os quartos aparecem frequentemente no meio da construção, como

se pode ver nas Figuras 3.4.47 e 3.4.48, sem janelas e rodeados de outros compartimentos, o que lhes confere naturalmente uma menor flutuação térmica do que nos compartimentos periféricos.

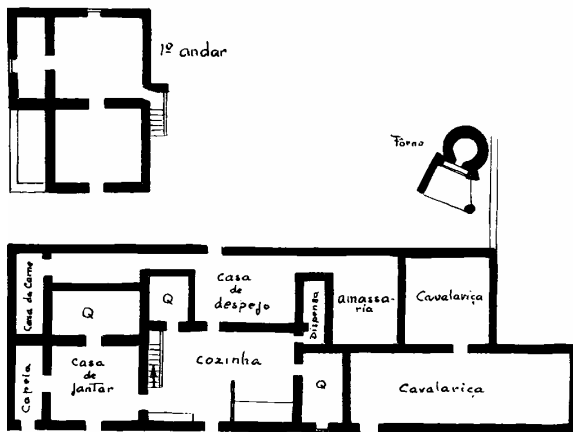


Figura 3.4.48. Monte da Espregosa, Mértola (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

As casas algarvias são semelhantes às casas do Alentejo, feitas dos mesmos materiais e com fortes influências da ocupação árabe. Também aqui aparecem as alcovas, nalguns casos no meio da construção, ligadas à sala e, sobre estas, a açoteia, como na casa da Figura 3.4.49.

A construção tradicional, exclusivamente de madeira, aparece inicialmente associada à actividade piscatória, tendo origem nos abrigos de pescadores já referidos anteriormente. O povoamento de palheiros mais antigo, com início em cerca de 1600, é o do Furadouro, que servia os pescadores de Ovar. Nesta zona iniciou-se então a plantação de floresta nas dunas, para a fixação das areias. Raras estradas existiam até meados do século XIX e os caminhos eram pistas de areia que frequentemente se enxarcavam, por isso os transportes eram caros e difíceis. Em meados do século XIX, a abertura de estrada até ao Furadouro, incrementou a construção de palheiros, mas já com algumas evoluções, nomeadamente pela introdução de dois ou até mais pisos e a substituição das coberturas originais de madeira ou colmo por telha, como no exemplo da Figura 3.4.50.

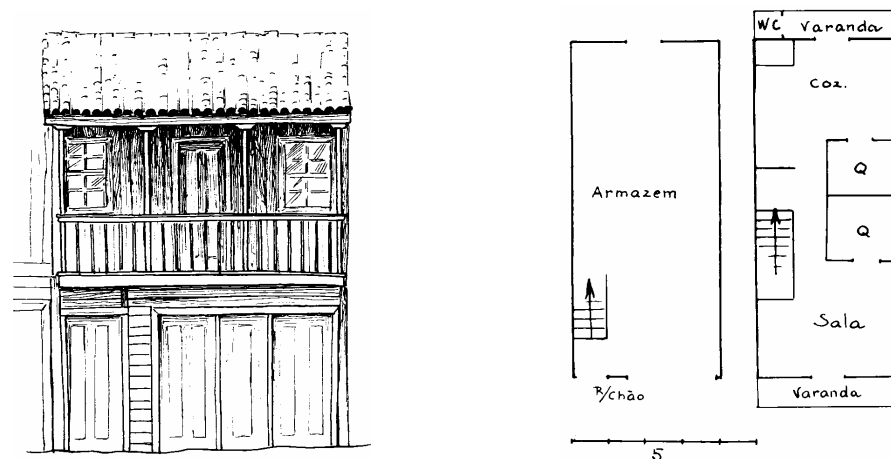


Figura 3.4.50. Planta e alçado principal de palheiro do Furadouro (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)

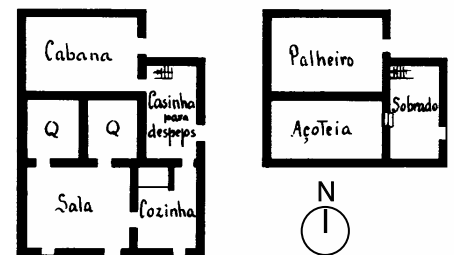
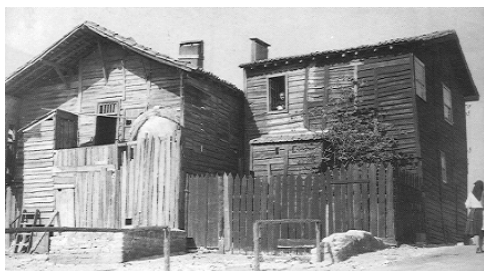


Figura 3.4.49. Casa em Pechão, Olhão (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



Figura 3.4.51. S. Jacinto, Aveiro (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)





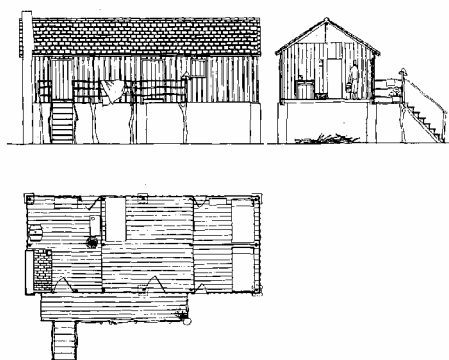
**Figura 3.4.52.** Praia de Mira (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



**Figura 3.4.53.** Aguçadoura, Póvoa de Varzim (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



**Figura 3.4.54.** Palheiros em Vieira de Leiria (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



**Figura 3.4.55.** Planta, corte, alçado e vista exterior de uma casa dos Avieiros localizada na bacia do Tejo (AAP 1988)

No entanto, a afluência de pessoas a esta área, nos finais do século XIX, como estância balnear dos habitantes da região Aveirense, ocasionou a gradual substituição das construções de madeira por casas de alvenaria ou adobe, fazendo decair o bairro dos palheiros. Exemplos de palheiros surgem principalmente nas povoações perto do Furadouro, como S. Jacinto (Figura 3.4.51) ou Mira (Figura 3.4.52). “A explicação da prevalência da casa de madeira entre os pescadores e cabaneiros está, acima de tudo, evidentemente, no custo inferior da construção nesse material – de facto, logo que podem, eles preferem uma casa de pedra e cal. Mas há que considerar também uma razão cultural, prolongamento de uma tradição anterior: estas casas representam conceitos diferentes e próprios da classe que lhes corresponde: a de pedra, estável e sólida, para o lavrador; a de madeira, como o barco, para o pescador e o cabaneiro pobre, sem eira nem beira, que a aceitam sem estranheza e se acomodam com a sua construção improvisada, incerta, provisória, quase volante, como tudo na sua vida (...)” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). A construção leve, nas áreas litorais, pode ter também alguma relação com as condições particulares do clima nestas áreas, onde as oscilações térmicas diárias e anuais são mais atenuadas pela proximidade da grande massa de água de mar.

A área das construções tradicionais de madeira do tipo palheiro estendeu-se no litoral a Norte do Douro, desde Caminha até à Póvoa de Varzim (Figura 3.4.53). A área deste tipo de construção e povoamento encontra o seu limite Sul nos aglomerados do litoral de Pedrógão e da Praia de Vieira de Leiria (Figura 3.4.54). Destes povoados piscatórios ao Sul do Vouga criou-se uma corrente migratória periódica dos caramelos do Mondego e dos avieiros de Vieira de Leiria. Estes, nas épocas mortas, vão trabalhar nos arrozais do Sado e na pesca e transportes do Tejo (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). Fixaram-se assim nesta zona, transportando para aí o seu tipo de construções tradicionais. Constituem exemplos disto as casas dos avieiros, localizadas na bacia do rio Tejo. Como se pode ver no exemplo da Figura 3.4.55, estando neste caso relacionada com o tipo de terreno, os únicos elementos nesta construção que não são de madeira são a chaminé e os pilares, que sobreelevam a casa do terreno, protegendo-a da humidade e das inundações da bacia do Tejo.

Um tipo particular de casa tradicional é a casa urbana, cuja disposição em banda lhe confere uma protecção térmica natural dada pelas construções contíguas, não implicando por isso tão grandes diferenças entre diversas zonas do país, podendo neste caso considerar-se apenas duas zonas:

- **Alentejo e Algarve:** São zonas caracterizadas por temperaturas mais extremas, especialmente nas áreas mais continentais, tendo habitações tradicionais urbanas de menor dimensão em altura e materiais mais pobres, mantendo certas características de casa rural. (...) É geralmente de dois pisos, por vezes com escadas exteriores e largas chaminés em ressalto na fachada frontal, como nos exemplos das Figuras 3.4.56 e 3.4.57 e pátios, janelas, recantos e outros elementos, dispostos na frontaria com uma liberdade cheia



de fantasia e pitoresco que acentua o seu parentesco com a construção de certas outras regiões mediterrâneas. (...) Estas casas, além disso, desenvolvem-se muitas vezes, para as traseiras, através de arcos e abóbadas, sobre um pátio interior onde não raro se encontra o poço e onde se cultivam hortaliças e flores” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000).

- **Norte, Centro e Estremadura:** São zonas caracterizadas pelo clima mais ameno. As casas urbanas tradicionais são normalmente esguias e profundas, razão pela qual as suas fachadas representam uma pequena área do perímetro da habitação. Não estão por isso tão fortemente condicionadas, apresentando um tratamento mais heterogéneo consoante as épocas e as tradições locais. Não se deixa no entanto de notar alguns aspectos particulares no tratamento das fachadas, como sejam as galerias envidraçadas, que servem como espaços tampão de regulação térmica. Estas surgem especialmente com a generalização do vidro, durante o século XIX, geralmente nas fachadas posteriores, sendo comuns na paisagem urbana do Porto, especialmente quando as traseiras esventradas se revelam para a rua, como se pode ver nos exemplos das Figuras 3.1.11 e 3.4.58. Antes de estarem generalizados os vidros, apareciam nalgumas fachadas principais varandas fechadas, mas em vez de vidro eram utilizadas gelosias de madeira, essencialmente nas zonas urbanas de cidades do Minho – Braga, Viana ou Guimarães. No exemplo da Figura 3.4.59, localizada em Guimarães, pode ver-se uma varanda com gelosia na fachada frontal.



Figuras 3.4.56 e 3.4.57. Casas urbanas em Avis (Veiga de Oliveira e Galhano 2000)



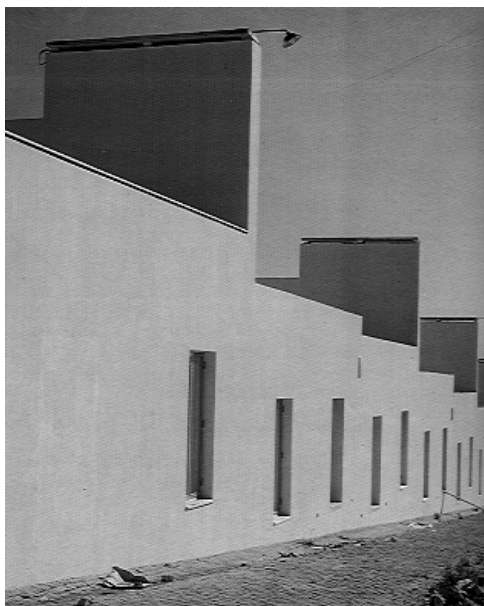
Figura 3.4.58. Varanda envidraçada do século XIX, no Porto



Figura 3.4.59. Fachada com gelosia no centro histórico de Guimarães

A arquitectura tradicional ou popular urbana, a partir do século XVII e até ao fim do século XIX, posterior às casas de tabique, é representada sobretudo pela casa esguia e alta de pedra, que forma actualmente o conjunto das casas de rua das cidades portuguesas, especialmente no Norte. Existem várias teses quanto à origem da casa esguia das zonas urbanas. Aderbal Jurema faz a comparação entre a morfologia das casas esguias do Recife, da Holanda e de Portugal e defende que a origem destas poderá estar nos Países Baixos (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). Esta morfologia obedeceu essencialmente a uma necessidade de rentabilização do espaço e não a uma mera transposição de estilo de construção. “A casa esguia e alta é também, por natureza da sua orgânica utilitária essencial, a habitação originariamente própria de gente em que sobrelevam as considerações económicas – a gente comerciante, popular e burguesa, que reside nos altos e tem suas lojas no R/C abertas ao público: precisamente e concordantemente a classe que domina o panorama social da Holanda de então” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000). Esta tese é rebatida por Josué de Castro que explica a casa esguia apenas em função das condições naturais, considerando-a própria de todas as zonas portuárias, desde o mar do Norte até ao Mediterrâneo, durante os séculos XV, XVI e XVII. A Lisboa do século XVI já possuía ao longo do porto este tipo de construções (Veiga de Oliveira e Galhano 2000).

As genuínas construções tradicionais, com os seus modos de habitar particulares, constituem uma montra de um passado já extinto, apenas restando exemplos associados a construções reabilitadas ou conservadas, em certas áreas protegidas impostas por regulamentos, ou em reinterpretações contemporâneas. Nas novas construções, que surgem na segunda metade do século XX, a compartimentação organiza-se segundo um critério puramente racional, regido por princípios concebidos de acordo com certas aquisições de higiene científica e estabelecidos seguidamente por lei, nomeadamente no RGEU, e por noções e imposições de uma nova economia doméstica, tendente à uniformização e descaracterização. Na casa do Norte de Portugal, por exemplo, a cozinha tende a perder o seu lugar de destaque no habitar e os quartos assumem um papel mais individualizante, ao ganhar uma dimensão muito superior à das tradicionais alcovas, o que vem introduzir uma mutação significativa nas relações interpessoais familiares, com as televisões em todos os compartimentos, os computadores pessoais ou os telemóveis a constituírem os novos centros das atenções, ou das dispersões. Despreza-se sistematicamente os conhecimentos empíricos de gerações que, num saber acumulado, adequaram as formas e os materiais ao clima, topografia e vivências particulares.

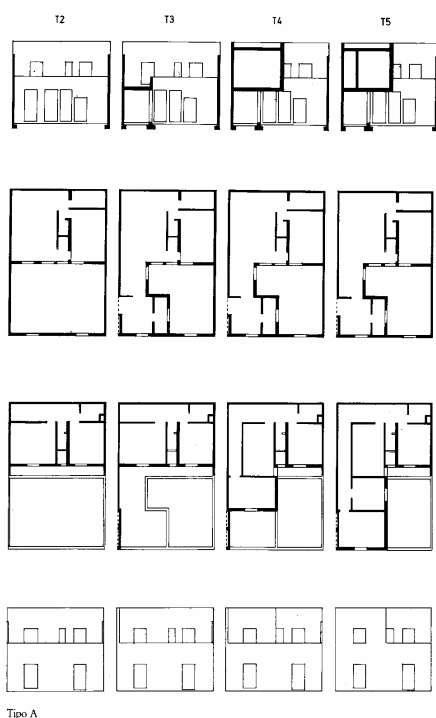


**Figura 3.4.60.** Fotografia de uma rua no bairro da Malagueira em Évora (Portas 1992)

“Em destaque contra a singeleza das velhas casas tradicionais, que, para lá das suas deficiências e defeitos, se sintonizava tão perfeitamente na paisagem natural e humana em que se integravam, as novas casas, e em especial as mais ricas, acusam sobretudo o mau gosto de quem recusa a priori todos os valores de uma velha cultura de que se evadiu, julgando assim afirmar uma ordem que representa o progresso material e a promoção social” (Veiga de Oliveira e Galhano 2000).

Com o desaparecimento das casas tradicionais estão condenados a desaparecer igualmente os seus processos de construção singulares, cuja necessidade deixou de se fazer sentir, com a uniformização dos materiais industriais e a reorganização das acessibilidades. Parece no entanto surgir, nos últimos anos, algum interesse pela reabilitação da construção e de alguns sistemas construtivos tradicionais, como as alvenarias de pedra e adobe, as construções de madeira e as mistas, com a utilização combinada da madeira e das alvenarias de pedra ou adobe.

A utilização dos materiais industrializados não implica que a arquitectura se torne insensível às referências da arquitectura popular, como o provam alguns exemplos da arquitectura contemporânea Portuguesa. Pode-se destacar o projecto de Siza para o bairro da Malagueira em Évora, com evidentes referências à construção popular das cidades Alentejanas, nomeadamente nas proeminentes chaminés das fachadas, que marcam o ritmo de sucessão de lotes, conforme se pode ver na fotografia de uma rua da Malagueira na Figura 3.4.60 e nos pequenos pátios confinados por uma parede/fachada, ou mais enclausurados, consoante as tipologias, que são apresentadas na Figura 3.4.61.



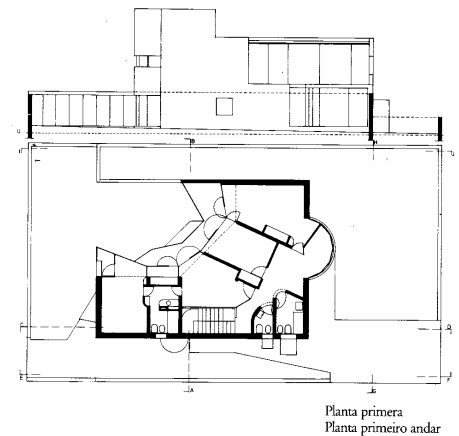
**Figura 3.4.61.** Plantas, alçados e cortes de habitações tipo no bairro da Malagueira em Évora (GG 1988)

"A qualidade elementar das formas de Siza e a racionalidade subjacente do plano da Malagueira demonstram uma forte afinidade com os esquemas habitacionais que foram determinados pela arquitectura moderna nas primeiras décadas do século XX. O interesse de Siza nas experiências sobre habitação, dos anos 20, já tinha sido estabelecido nos seus primeiros projectos para habitação colectiva para o Porto, na Bouça (1973-1977) e S. Victor (1974-1977). (...) Quer o plano para Évora quer estas experiências anteriores originam, na existência de um nexus produtivo e económico que se manifesta na repetição e compacticidade, o uso de um tipo de edificação "otimizada" e os processos mais económicos possíveis, de construção" (Testa, 1988). Os sistemas construtivos aqui utilizados também demonstram alguma preocupação na relação com o lugar, nomeadamente pela utilização de alvenaria maciça e de métodos artesanais de construção.

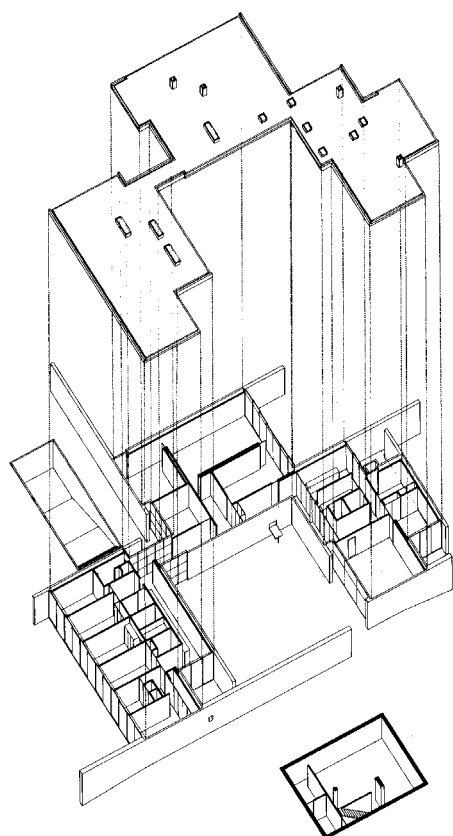
Se no Alentejo, a reinterpretação da construção popular é quase inevitável, já que a identidade cultural nessa zona oferece uma maior resistência à uniformização da industrialização, a construção no Norte de Portugal revela uma tendência precisamente em sentido oposto, no sentido duma imagem de "progresso" decorrente da forte industrialização. No entanto, a identidade cultural não tem que necessariamente estar desligada duma linguagem mais contemporânea. Assim o demonstra novamente Siza, na casa Beires, na Póvoa de Varzim, Figuras 3.4.62 e 3.4.63, contudo duma forma mais subtil. Coloca uma varanda envidraçada no primeiro piso, que constitui uma alusão às tradicionais varandas envidraçadas das cidades do Norte de Portugal, não só pela concepção arquitectónica subjacente, como também pelo desenho das vidraças de pequena dimensão, características do século XIX.

Souto de Moura mostra também referências marcantes da construção popular na moradia unifamiliar de Alcanena que, apesar de não ser no Alentejo, se localiza muito próxima deste e revela-se como uma clara transposição das construções dos montes alentejanos apresentados anteriormente, com um pátio central e uma arquitectura predominantemente introspectiva, conforme se pode ver na Figura 3.4.64.

Entre os "Regionalismo Crítico", ou o "Contextualismo não-imitativo" com que respectivamente, Keneth Frampton e Peter Testa enquadram a obra de Siza, passando pelo minimalismo racionalista das obras de referência de Souto de Moura (Zabelbascoa e Rodríguez Marcos 2001), a arquitectura Portuguesa contemporânea balança entre o vernacular e o "Low-tech", entre a construção tradicional e a industrialização. Esta ambiguidade encontra-se patente nas obras de muitos dos arquitectos contemporâneos de segunda linha, que sobrevivem à custa de alguma capacidade inventiva e duma ginástica intelectual permanente, de forma a conseguirem ver as suas obras construídas numa paisagem cada vez mais descaracterizada, demonstrativa da incapacidade em fazer frente às pressões dos grandes grupos imobiliários, às imposições regulamentares castradoras mas ao mesmo tempo



**Figuras 3.4.62 e 3.5.63.** Casa Beires, Póvoa de Varzim - Planta do 1º piso e fotografia do alçado frontal (GG 1988)



“moldáveis” e aos “lobbys”. Gasta-se o tempo em burocracias e em saltos de obstáculos absurdos, a que só os “espertos” sobrevivem, deixando para segundo plano aquela que deveria ser a preocupação fundamental da arquitectura, zelar por uma construção e um urbanismo sustentáveis, assentes nas tradições culturais e nas condicionantes geográficas, humanas e físicas, mas com a necessária capacidade de inovação, já que só dessa forma se podem adequar os materiais e as formas criadas, às gentes que os trabalham e os habitam posteriormente. Talvez se possa atribuir culpa também a alguns projectistas, que por vezes se esquecem que as casas e as cidades são para quem as habita e não apenas para satisfazer caprichos de quem as concebe e planeia, mas não devemos esquecer que a cultura arquitectónica da população em geral ainda é muito limitada e por isso não se desenvolve na sociedade um espírito crítico consistente sobre os conceitos de “habitar” e de cidade, cada vez mais uniformizados e perigosamente egocêntricos e onde o ambiente, em sentido amplo, se hipoteca para as futuras gerações.



**Figura 3.4.64.** Casa em Alcanena, Torres Novas – Axonométrica e Vista exterior (Trigueiros 1994)